Maria Betânia Melo de Oliveira
Camila Claudino de Souza
Maria José de Matos Luna
[organizadoras]

GESTÃO AMBIENTAL

Diálogos em Sustentabilidade

FÁTIMA XAVIER: UMA REFERÊNCIA NAS AÇÕES DE GESTÃO AMBIENTAL NA UFPE

Certos servidores públicos são cruciais para o sucesso de inovações na gestão pública. Fátima Xavier é uma dessas pessoas e foi fundamental para consolidar importantes ações de sustentabilidade na gestão da Universidade Federal de Pernambuco. Fátima participou da criação da Diretoria de Gestão Ambiental (DGA) da UFPE em 2012 e foi a primeira diretora, tendo atuado no cargo até 2018.

Seu trabalho ao longo desse período foi marcado pelo sonho de uma UFPE mais sustentável e pelo pioneirismo na implantação de projetos e ações concretas. A criação da DGA aconteceu em um momento muito interessante, em que houve um aumento da importância do tema da sustentabilidade no Brasil e em todo o globo. Apesar disso, todo trabalho pioneiro tem grandes desafios, pois tem que não só enfrentar problemas ainda desconhecidos, mas também mudar a cultura vigente, o que sempre gera resistências e dificuldades de adaptação. Porém, Fátima sempre enfrentou esses problemas de maneira muito gentil, elegante e eficaz. Foi sempre agregadora, capaz de atrair outros servidores interessados na temática ambiental. Foi também muito inovadora, aberta aos novos conceitos e tecnologias, cercando-se de uma equipe jovem, antenada e entusiasmada, que se valeu de forma brilhante das novas ferramentas de comunicação e das redes sociais. Com tudo isso, a DGA foi capaz de consolidar um conjunto de ações, de projetos e de rotinas que estão levando a UFPE a ser uma das instituições de ensino superior com mais exemplos concretos de sustentabilidade na região NE e no Brasil. O legado de seu exemplo e a equipe que formou irá dar continuidade a essas ações e, certamente, fazer da UFPE uma instituição modelo nesse tema.

O presente livro, por exemplo, é resultante de uma das iniciativas da DGA construída durante a gestão de Fátima Xavier: o Fórum de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (FOGERE). Nos debates e eventos do FOGERE foi também idealizada a "Coordenação de Prevenção e Gerenciamento de Resíduos e Efluentes" (COOPERE), que terá como missão dar a destinação adequada aos resíduos da UFPE e, ao mesmo tempo, apoiar ações de ensino, pesquisa e extensão voltadas à sustentabilidade. A COOPERE terá sua primeira unidade, a Biorrefinaria Experimental de Resíduos Sólidos Orgânicos (BERSO), inaugurada em abril de 2019. Em seguida serão implantadas na COOPERE as unidades de gerenciamento de resíduos da construção civil, eletroeletrônicos, químicos, biológicos, águas residuárias, dentre outras.

Em sua terceira edição, o FOGERE já é uma realidade consolidada, e reuniu os relatos das pesquisas e ações de ensino e extensão relacionados ao gerenciamento de resíduos sólidos e efluentes conduzidos na UFPE ao longo dos últimos anos. Esses trabalhos encontram-se aqui publicados, ilustrando o compromisso institucional e o amadurecimento de uma forte cultura voltada à sustentabilidade na UFPE. É um caminho sem volta, um caminho pavimentado pela DGA e por Fátima Xavier.

Por tudo isso, devemos a Fátima o nosso agradecimento pelo pioneirismo e persistência na construção de uma UFPE mais sustentável!

Rômulo S. C. Menezes, Professor da UFPE
Recife, março de 2019

GESTÃO AMBIENTAL

Diálogos em Sustentabilidade

Maria Betânia Melo de Oliveira
Camila Claudino de Souza
Maria José de Matos Luna
[Organizadoras]

GESTÃO AMBIENTAL

Diálogos em Sustentabilidade

Recife | 2019

Capa e Projeto Gráfico: Gabriel Santana
Imagens da capa: Mabel Amber/Pixabay
Revisão de Texto: os Autores

Catalogação na fonte:
Bibliotecária Kalina Ligia França da Silva, CRB4-1408

G393 Gestão ambiental [recurso eletrônico] : diálogos em sustentabilidade / organizadores : Maria Betânia Melo de Oliveira, Camila Claudino de Souza, Maria José de Matos Luna. – Recife : Ed. UFPE, 2019.

Vários autores.
Inclui referências.
ISBN 978-85-415-1118-6 (online)

1. Gestão ambiental. 2. Sustentabilidade. 3. Gestão integrada de resíduos sólidos. 4. Política ambiental. 5. Educação ambiental. I. Oliveira, Maria Betânia Melo de (Org.). II. Souza, Camila Claudino de (Org.). III. Luna, Maria José de Matos (Org.).

344.81046 CDD (23.ed.) UFPE (BC2019-048)

Todos os direitos reservados: *É proibida a reprodução total ou parcial de textos, fotos e ilustrações, por qualquer meio, sem prévia autorização dos autores ou organizadores.*

COLABORADORES

Profa. Otidene Rossiter Sá da Rocha
Prof. Ivan Vieira de Melo
Prof. Rômulo Simões Cezar Menezes
Alice Sabrina Ferreira da Silva
Bruno Augusto Nogueira Monteiro Pontes
José Iranildo Barbosa Sales da Silva
Laudiélcio Ferreira Maciel da Silva
Leonardo Luizines de França Cavalcanti
Marcílio de Oliveira Santos
Maria Virgínia Barbosa dos Santos
Suelen Cristiane Rodrigues
Tamires Carneiro da Silva

APRESENTAÇÃO

A busca pela sustentabilidade nos diversos eixos do conhecimento vem despertando na sociedade uma crescente preocupação e um estímulo para a promoção de pesquisas e diálogos geradores de contribuições expressivas.

A gestão ambiental vem estimulando em seu amplo leque de atividades, pesquisas e debates acadêmicos em busca da inserção da sociedade moderna em um contexto sustentável, promovendo qualidade de vida ao ser humano e preservação do meio ambiente, indispensáveis para uma vida harmoniosa e saudável.

Nesta perspectiva, o livro Gestão Ambiental: Diálogos em Sustentabilidade, apresenta cinco eixos temáticos, promovendo com excelência reflexões que percorrem de forma atrativa a Gestão de Resíduos Sólidos, Políticas Públicas e Responsabilidade Socioambiental, Educação Ambiental e Sustentabilidade, Impactos Socioambientais da Urbanização e Soluções em Tecnologias Limpas.

A apresentação em forma de capítulos estimula, nos diversos eixos temáticos, estudantes, profissionais da área, professores e pesquisadores a reflexões instigantes, em busca de novos horizontes na temática da sustentabilidade.

Este livro corresponde a uma coletânea de trabalhos acadêmicos apresentados no III Fórum de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (FOGERE), promovido pela Diretoria de Gestão Ambiental DGA da UFPE. Este evento, de relevante importância no cenário acadêmico e de gestão institucional, teve com principal meta, a promoção de diálogos em sustentabilidade e a divulgação de seus trabalhos.

Sendo assim, esta obra pretende proporcionar aos leitores uma busca incessante pela sustentabilidade, seja no ambiente acadêmico,

no de gestão ou no cotidiana da sociedade, melhorando a qualidade de vida e aumentando as perspectivas de um futuro mais saudável para o nosso planeta.

Fátima Xavier
Arquiteta e Gestora Ambiental
Universidade Federal de Pernambuco.

EIXO TEMÁTICO 1: GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

1.1 Desenvolvimento de manual interativo da usina-piloto de biodiesel da biorrefinaria experimental de resíduos sólidos orgânicos

1.2 Troca solidária de reagentes químicos na UFPE: Uma alternativa de sustentabilidade.

1.3 Gestão de resíduos sólidos: Potencial de reutilização dos resíduos orgânicos vegetais da Universidade Federal Fural de Pernambuco.

1.4 Gestão de resíduos sólidos e seus aspectos socioeconômicos na região Nordeste.

1.5 Panorama da gestão de resíduos sólidos na UFPE (Campus Recife).

1.6 Logística da coleta de medicamentos vencidos e em desuso na UFPE.

1.1 DESENVOLVIMENTO DE MANUAL INTERATIVO DA USINA-PILOTO DE BIODIESEL DA BIORREFINARIA EXPERIMENTAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS

PINHEIRO, Ricardo Luís dos Santos
Graduado
Departamento de Energia Nuclear da Universidade Federal de Pernambuco (DEN/UFPE)
ricardo.luispinheiros@gmail.com

SILVA, Alice Sabrina Ferreira da
Doutoranda
Departamento de Energia Nuclear da Universidade Federal de Pernambuco (DEN/UFPE)
aliceferreiraquimica@gmail.com

DUTRA, Emmanuel Damilano
Doutor
Departamento de Energia Nuclear da Universidade Federal de Pernambuco (DEN/UFPE)
emmanuel.dutra@ufpe.com

RESUMO

O descarte incorreto do óleo de fritura causa uma série de problemas ambientais, como a poluição dos oceanos e o entupimento da rede de esgoto. Uma solução seria a reciclagem do óleo para a produção de biodiesel, um bicombustível usado como substituto parcial ou total do diesel, que resulta da transesterificação dos triglicerídeos com um álcool e um catalisador. Diante desse cenário, a Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) possui uma política de coleta de óleo residual, por meio da qual o óleo coletado é enviado para a Biorrefinaria Experimental de Resíduos Sólidos Orgânicos (BERSO) e serve como matéria-prima na síntese de biodiesel. Tendo em vista o papel pedagógico e social da Universidade, foi desenvolvido um manual interativo da Usina-Piloto de Biodiesel, na forma de um programa de computador, utilizando a linguagem de programação Java. O programa possui 13 telas e serve como um guia para a operacionalização da usina. Seguindo os passos do manual, para a produção de biodiesel a partir de 18 L de óleo de fritura, utilizaram-se 4,8 L de metanol, 177 g de hidróxido de sódio e 79,6 g de ácido sulfúrico. Como resultado, foram obtidos 17,95 L de biodiesel e 4,4 L de glicerina, um rendimento de 78,73%.

PALAVRAS-CHAVE: transesterificação, óleo de fritura, linguagem de programação.

1. INTRODUÇÃO

O uso de óleo vegetal para o cozimento de alimentos é uma prática cada vez mais comum nos dias atuais devido à popularização das comidas de preparo rápido e à crescente demanda pela otimização do tempo. Os alimentos fritos possuem sabor agradável e preço acessível, sendo consumidos por grande parte da população brasileira e por todas as faixas etárias. Entretanto, o descarte inadequado dessa substância na natureza pode acarretar uma série de problemas ambientais.

O óleo despejado em ralos de pia e vasos sanitários provoca a formação de uma crosta sólida capaz de causar o entupimento da tubulação da rede de esgoto. Tal problema gera encarecimento no processo das estações de tratamento de águas residuárias e aumenta a possibilidade da ocorrência de inundações e a proliferação de doenças (WILDNER; HILLIG, 2012).

O óleo, quando despejado diretamente em oceanos, ameaça a vida marinha e todo o ecossistema aquático. O óleo vegetal é formado principalmente por triglicerídeos e é insolúvel na água. Quando em contato com ela, essa substância poluente cria uma camada superficial devido à sua baixa densidade, prejudicando a passagem de luz e a obtenção de oxigênio. Como consequência, pode acarretar a morte dos fitoplânctons, que são a base da cadeia alimentar marítima. Estima-se que 1 L de óleo possa contaminar mais de 1 milhão de litros de água, volume equivalente ao consumo de uma pessoa em 14 anos de vida (BIODIESELBR, 2007).

A reciclagem do óleo de fritura em residências e estabelecimentos alimentares evita que essa substância chegue aos aterros sanitários ou à rede de esgoto, gerando benefícios ambientais e econômicos para a sociedade. Se coletado adequadamente, o óleo de fritura pode ter diversas finalidades depois de recolhido, como, por exemplo, ser matéria-prima para a produção de sabão, velas artesanais e biodiesel (GRANGEIRO et al., 2016).

O biodiesel é resultado da transesterificação de óleos vegetais sob a ação de um catalisador ácido ou básico. O biocombustível pode ser usado misturado ao diesel convencional em motores de ignição por compressão ou para substituir completamente o diesel fóssil. No processo de transesterificação, há formação de ésteres metílicos ou etíli-

cos, ácidos graxos e glicerina, substância considerada um coproduto da síntese de biodiesel (MOTA et al., 2009).

O biodiesel é uma opção viável para a substituição dos combustíveis fósseis por ser uma energia considerada limpa cuja tecnologia de produção já está estabelecida no mercado brasileiro. De acordo com o Balanço Energético Nacional, em 2016 o Brasil produziu 3 801 399 m^3 de B100, biodiesel sem a mistura de diesel mineral, havendo um recuo na produção de 3,5% com relação ao ano anterior. A matéria-prima principal para a produção do biodiesel foi o óleo de soja (72%), seguido do sebo bovino (14%) (BRASIL, 2017).

Constata-se, dessa forma, a necessidade de impulsionar a produção do biocombustível através da regionalização de usinas de médio e pequeno porte de biodiesel e políticas de conscientização ambiental. O óleo de fritura já utilizado se estabelece como um forte candidato para impulsionar o mercado de biodiesel, uma vez que o custo da matéria-prima cai para próximo a zero e evita-se a poluição ambiental causada por essa substância.

Nesse contexto, a Usina-Piloto de Biodiesel localizada na Biorrefinaria Experimental de Resíduos Sólidos Orgânicos (BERSO) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) surge como uma iniciativa inovadora para a produção de biodiesel utilizando o óleo de fritura e para a propagação dessa tecnologia a regiões vizinhas. A biorrefinaria está localizada no Departamento de Energia Nuclear (DEN) e conta com um biodigestor de resíduos orgânicos, um pátio de compostagem e a usina de biodiesel. A BERSO tem como objetivo reaproveitar todos os resíduos orgânicos do *campus* Recife da UFPE (BELIEVE.EARTH, 2017).

Atualmente, essa Universidade conta com 17 pontos de coleta de óleo de fritura espalhados pelos mais diversos centros acadêmicos e estabelecimentos da instituição. Todo o óleo coletado é encaminhado à BERSO, onde passa por um pré-tratamento para servir como matéria-prima para a usina-piloto. Como produto, obtêm-se biodiesel e glicerina, sendo esta última utilizada no pátio de compostagem para se transformar em adubo orgânico. O biodiesel gerado na usina tem como objetivo alimentar a frota de veículos da própria Universidade. Testes com um trator da instituição já foram realizados, nos quais o automóvel funcionou apenas com biodiesel (B100) em seu motor (ASCOM, 2018).

A usina-piloto de biodiesel utiliza como reagentes para o processo de transesterificação o álcool metílico e o hidróxido de sódio, substâncias que podem ocasionar sérios danos à saúde do operador e ao meio ambiente, caso sejam manipuladas de maneira incorreta. Se faz necessário, portanto, um manual de operação que possa explicar, de maneira prática e eficiente, como é o funcionamento da usina, assim como a descrição detalhada de todos os processos envolvidos. Essa usina-piloto foi desenvolvida com materiais de baixo custo e poderá ser replicada nas mais diversas regiões do País, mesmo em áreas rurais ou com poucos recursos. Diante disto, surgiu a necessidade de elaborar um manual que possibilite a expansão do projeto, servindo como guia para o treinamento de novos operadores.

Não se deve esquecer, contudo, da função acadêmica desenvolvida pela usina-piloto dentro de uma instituição pública de ensino. A BERSO recebe visitações técnicas de vários alunos tanto da UFPE quanto de instituições vizinhas. O manual, portanto, deve possuir uma interface que facilite o aprendizado dos procedimentos para operacionalização da usina, além de servir como instrumento de estudo para futuros profissionais da área.

Tendo em vista a crescente popularização do meio digital, optou-se por criar um manual interativo para a usina-piloto de biodiesel da UFPE, através da linguagem de programação Java. O programa será capaz de estimular o aprendizado sobre o processo de produção de biodiesel, além de servir como ferramenta para o treinamento dos operadores da usina-piloto. Para a validação do manual, foi realizada a síntese de biodiesel seguindo os procedimentos descritos no seu texto, calculando-se assim o rendimento da produção e a sua eficácia.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O óleo vegetal é um tipo de gordura encontrada principalmente em sementes de plantas, como amendoim, algodão, cacau, palma, dendê e soja. Sua composição molecular é formada pela união de glicerol e triglicerídeo, apresentando também em menor proporção quantidades consideráveis de ácidos graxos livres, fosfolipídios e esteróis (RINALDI, 2007). Os óleos vegetais são insolúveis em água na temperatura ambiente, mas se tornam solúveis quando entram em contato com solventes orgânicos.

A composição química do óleo vegetal varia a depender da espécie de oleaginosa. Os ácidos graxos presentes nos óleos possuem cadeias de 8 a 24 átomos de carbonos e graus de insaturação diferentes entre si. Tal parâmetro influencia na qualidade do óleo bruto e pode ser detectado por técnicas de cromatografia líquida, cromatografia em fase gasosa e espectrografia de ressonância magnética nuclear de hidrogênio. O óleo de soja, principal óleo utilizado nas residências e restaurantes para o cozimento de alimentos, tem em sua composição a presença de cinco ácidos graxos principais: palmítico (15:0), esteárico (18:0), oleico (18:1), linoleico (18:2) e linolênico (18:3), como demonstra a Tabela 1 (COSTA NETO et al., 2000).

Tabela 1. Composição de ácidos graxos do óleo de soja.

Nº de carbonos	Ácidos graxos	Concentração (%)
C 12:0	láurico	0,1 (máx.)
C 14:0	mirístico	0,2 (máx.)
C 16:0	palmítico	9,9 – 12,2
C 16:1 (9)	palmitoléico	traços – 0,2
C 18:0	esteárico	3 – 5,4
C 18:1 (9)	oleico	17,7 - 26
C 18:2 (9, 12)	linoleico	49,7 – 56,9
C 18:3 (9, 12, 15)	linolênico	5,5 – 9,5
C 20:0	araquídico	0,2 – 0,5
C 20:1 (5)	gadolêico	0,1 – 0,3
C 22:0	behênico	0,3 – 0,7
C 22:1	erúcico	0,3 (máx.)
C 24:0	lignocérico	0,4 (máx.)

Fonte: Costa Neto et al. (2000).

Esse óleo pode ser usado tanto para o processo de fritura de alimentos (mais comum) quanto na fabricação de lubrificantes, cosméticos e fitoterápicos, entre outros. O uso do óleo vegetal *in natura* como combustível para o motor ciclo diesel é possível, entretanto a utilização dessa substância em motores a diesel causa inúmeros problemas mecânicos no equipamento devido a suas características intrínsecas.

Vários parâmetros precisam ser averiguados para que uma substância possa ser usada como combustível de um motor. Segundo Costa Neto et al. (2000), o ponto de névoa se refere à temperatura inicial na qual a cristalização do óleo ocorre. O seu valor elevado favorece a solidificação parcial do óleo bruto, ocasionando entupimento no filtro do combustível e problemas no sistema de alimentação do motor. Os valores do ponto de névoa dos óleos vegetais são maiores que os do óleo diesel convencional. Outro fator que inviabiliza o uso de óleo vegetal é a sua elevada viscosidade, que influencia negativamente o funcionamento do sistema de injeção e o processo de combustão. O óleo de mamona, por exemplo, possui uma viscosidade 100 vezes maior do que o diesel.

Uma maneira de realizar o aproveitamento energético do óleo é o processo químico da transesterificação, por meio do qual é possível transformá-lo em biodiesel, um biocombustível livre de enxofre e aromáticos, com alto número de cetano, teor médio de oxigênio em torno de 11% e com maior viscosidade e ponto de fulgor que o diesel convencional (RAMOS, 1999).

A reação de transesterificação ocorre quando o triglicerídeo do óleo ou da gordura animal reage com um álcool (metanol ou etanol) na presença de um catalisador, formando três moléculas de ésteres metílicos ou etílicos de ácidos graxos (Figura 1) e glicerol. Esses ésteres podem ser utilizados como biodiesel depois de devidamente purificados e separados da glicerina, o subproduto da transesterificação (MOTA et al., 2009). O processo global de transesterificação é reversível e ocorre em três etapas: inicialmente o triglicerídeo se transforma em diglicerídeo e monoglicerídeo, para então haver a conversão, em uma atapa mais duradoura, do monoglicerídeo em éster.

Figura 1. Reação de transesterificação do óleo vegetal

Fonte: MOTA et al. (2009).

O catalisador usado para a reação de transesterificação pode ser básico, ácido ou por catálise enzimática. Na indústria, é comum o uso do catalisador básico devido ao seu melhor rendimento, menor tempo de reação e preservação dos equipamentos com relação à corrosão. Os catalisadores alcalinos mais comuns são o hidróxido de sódio e o hidróxido de potássio. A reação por catálise ácida apresenta um rendimento elevado, entretanto é necessária uma temperatura acima de 100 °C e o processo é bastante lento, com mais de três horas de reação (GRANGEIRO, 2014).

Em 2004, foi lançado pelo Governo Federal do Brasil o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), cuja gestão é realizada pela Comissão Executiva Interministerial do Biodiesel (CEIB), responsável por implementar e monitorar o programa, e pelo Grupo Gestor (GG), encarregado pela gestão operacional e administrativa. O programa tem como objetivo principal a inserção do biodiesel na matriz energética nacional, tendo como diretrizes a implantação de um programa sustentável que promova a inclusão social; a garantia de preços competitivos, de qualidade e insumos; e a produção de biodiesel em diferentes regiões e de diversas fontes oleaginosas (ANP, 2016).

A Lei n° 11 097, de 2005, fixou o percentual de 5% (B5) para o volume de biodiesel que deveria ser introduzido ao óleo diesel comercializado em todo o território nacional, tendo o prazo de oito anos para a comercialização do B5 em todo o território nacional e de 3 anos para o B2, após a publicação da lei. O Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) passou a regulamentar as porcentagens das misturas de biodiesel e diesel mineral no mercado brasileiro. Em 2003, o percentual de teor de biodiesel presente no diesel fóssil era facultativo, aumentando para 2% em 2008; 4% em 2009. 5% em 2010; 7% em 2014; e 8% em 2017.

De acordo com o Ministério de Minas e Energia (2018), no dia 1º de março de 2018 passou a vigorar o uso de 10% de biodiesel no diesel comercializado no território brasileiro, fazendo-se cumprir a Lei n° 13 263, de 2016, que prevê, ainda, a utilização de B15 (15% de teor de biodiesel) nos próximos anos após a realização de testes e ensaios em motores que comprovem a eficácia da mistura. Tais medidas diminuem a necessidade de importação de óleo diesel, agregam valor ao biodiesel na agroindústria e melhoram a pauta de exportação do agronegócio.

As políticas públicas têm fomentado a produção científica sobre a síntese de biodiesel com as suas mais diversas matérias-primas: óleo

de dendê, soja, mamão, girassol, entre outros. A busca por uma rota economicamente viável e eficiente para a produção de biodiesel em larga escala é motivo de estudo de grandes grupos de pesquisas em universidades brasileiras, como é o caso da Universidade Federal da Bahia (UFBA).

Em 2005, foi inaugurada na UFBA uma planta-piloto de produção de biodiesel financiada pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), com o apoio da Nordeste Generation. A planta opera em escala semi-industrial com capacidade de produção de 5 000 000 de litros por ano (13 800 litros por dia), utilizando, para isso, as mais diversas fontes oleaginosas. Há ainda o suporte do Laboratório de Emissões Veiculares (LEV), que realiza testes em motores com o biodiesel produzido. O laboratório avalia o desempenho do biodiesel puro e em misturas com diferentes proporções do diesel convencional, determina a curva de potência *versus* consumo do combustível, compara as emissões dos gases poluentes na atmosfera, entre outros tipos de análises (LORA e VENTURINI, 2012).

A usina-piloto trabalha com o óleo residual proveniente de restaurantes, lanchonetes, hospitais e outros tipos de estabelecimentos, além de óleo *in natura*. Os óleos residuais precisam passar por uma filtragem para a retirada de restos alimentícios. Em seguida, são encaminhados para o tanque de neutralização para a correção do índice de acidez, quando necessário. Há ainda a lavagem e secagem do óleo. O álcool utilizado pode ser tanto o etanol como o metanol, e o catalisador varia de acordo com a escolha do teste realizado (hidróxido de sódio ou hidróxido de potássio). O preparo do alcoolato é realizado misturando-se o catalisador com o álcool, para então ser encaminhado ao reator, onde há o processo de transesterificação. Segundo Lora e Venturini (2012), a reação demora cerca de 45 minutos, ao final produzindo a glicerina (mais densa) e o biodiesel. Após a retirada da glicerina por decantação, o biodiesel é lavado e transportado para o tanque de estocagem.

Seguindo a crescente demanda pela sustentabilidade e reaproveitamento energético dos resíduos sólidos orgânicos, a UFPE criou a Coordenação de Prevenção e Gerenciamento de Resíduos e Efluentes (COOPERE) dentro da estrutura da Superintendência de Infraestrutura da UFPE (Sinfra). A COOPERE tem como objetivo gerenciar de forma adequada as atividades de coleta, transporte, processamento e

destinação dos resíduos gerados no *campus* Recife da Universidade. Ela conta com a contratação de novos servidores e com o apoio da Diretoria de Gestão Ambiental (DGA), que trabalha para minimizar os impactos causados pela destinação incorreta de rejeitos.

Entre as ações implementadas pela COOPERE estão a coleta seletiva de óleo de fritura nos estabelecimentos alimentares do *campus* Recife da UFPE e a implantação de pontos de coleta voluntária para que alunos, professores e funcionários possam depositar o óleo de fritura usado nesses coletores (Figura 2). Atualmente, a UFPE conta com 17 pontos de coleta de óleo residual, localizados no Centro de Ciências Jurídicas (CCJ); Centro de Artes e Comunicação (CAC); Centro de Filosofia e Ciências Humanas (CFCH); Centro de Educação (CE); Centro de Ciências Sociais Aplicadas (CCSA); Coordenadoria do Ensino de Ciências do Nordeste (Cecine); Centro de Biociências (CB); Centro de Informática (CIN); Centro de Ciências Exatas e da Natureza (CCEN); Centro de Tecnologia e Geociências (CTG); DEN; Departamento de Ciências Farmacêuticas; Núcleo de Tecnologia da Informação (NTI); Colégio de Aplicação; Sinfra; Hospital das Clínicas (HC); e Reitoria.

Figura 2. Coletor de óleo de fritura do CTG-UFPE.

Fonte: Os autores (2018).

Grangeiro et al. (2017) realizaram uma pesquisa com a produção de biodiesel realizada por meio do óleo de fritura coletado dos restaurantes do *campus* Recife da UFPE. O biodiesel foi sintetizado através do processo de transesterificação por catálise básica pela rota metílica no Centro Tecnológico de Bioenergia do Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste (Cetene, em Caetés, cidade do Agreste de Pernambuco). Em seguida, foi encaminhado para o Laboratório de Combustíveis e Materiais (Lacom) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB) para a caracterização de acordo com as normas estabelecidas pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). De acordo com a Tabela 2, os parâmetros físico-químicos do biodiesel produzido estão dentro das normas exigidas pela ANP. Sendo assim, a produção de biodiesel a partir de óleo residual dos restaurantes é possível e viável.

Tabela 2. Propriedade físico-química do biodiesel de óleo de fritura dos restaurantes da UFPE.

Propriedades	Valores	Normas
Ponto de Névoa	1,0 ºC	ASTM D2500
Ponto de Fluidez	1,0 ºC	ASTM D49
Estabilidade a Oxidação	0,30 h	EN14112
Viscosidade Cinemática	4,7 mm^2s	NBR10441
Densidade	889,7 kg/m^2	NBR14065
PetroOXY	0h3min31s	EM16091

Fonte: GRANGEIRO et al. (2017)

A BERSO situa-se no Departamento de Energia Nuclear da UFPE e tem como objetivo fazer a reciclagem e o reaproveitamento energético de todos os resíduos orgânicos gerados no *campus* Recife dessa Universidade. Com isso, ela passaria a ser uma cidade modelo em gestão de resíduos sólidos, uma vez que a Cidade Universitária pode ser considerada uma cidade de pequeno porte.

A Usina-Piloto de Biodiesel (Figura 3) localizada na BERSO possui um grande apelo didático. Ela recebe visitações de alunos e estudantes tanto da UFPE quanto de instituições vizinhas. Um manual para a utilização dessa usina se faz necessário tanto para servir como treinamento aos novos usuários quanto para ser utilizado como material didático aos alunos que forem estudar o funcionamento da usina.

Figura 3. Usina-Piloto de Biodiesel localizada na Biorrefinaria Experimental de Resíduos Sólidos Orgânicos (BERSO).

Fonte: Os autores (2018).

Observa-se uma tendência em transformar as mídias tradicionais em elementos virtuais para seus recursos didáticos serem mais eficientes. Segundo Ferreira (2011), os manuais físicos possuem um discurso descontinuado e multiforme, que induz o leitor a procurar hipertextos ou assuntos em páginas avulsas. Como consequência, há um crescente interesse na busca por manuais interativos devido à fluidez que o usuário possui para escolher a melhor ordem de leitura, além da capacidade de integração com recursos gráficos visuais, como vídeos, imagens e animações.

A linguagem de programação é um método para dar instruções para o computador realizar determinada ação. Ela possui um conjunto de regras sintáticas, relacionadas à forma de escrita, e semânticas, que dizem respeito ao conteúdo escrito (GOTARDO, 2015). Existem três tipos de linguagem de programação: linguagem de máquinas, linguagem *assembly* e linguagem de alto nível.

As linguagens de alto nível surgiram como consequência da busca por uma linguagem de programação mais fácil e próxima do inglês cotidiano. Dessa forma, instruções únicas podem ser escritas para o computador realizar tarefas de baixo nível de complexidade. Os programas tradutores da linguagem de alto nível para a linguagem de

máquina são chamados compiladores e são os mais utilizados nos dias atuais. Como exemplos de linguagens de alto nível têm-se o C, C++, as linguagens .NET da Microsoft (Visual basic, Visual C++ e C#, entre outros) e o Java, a linguagem mais amplamente utilizada (DEITEL, 2010).

A interface gráfica com usuário (Graphical User Interface - GUI) do Java é um mecanismo que fornece uma aparência mais agradável ao usuário do programa, permitindo a adição de textos, ícones, botões e imagens pelo programador. Fornece componentes de interfaces que deixam o aplicativo mais intuitivo para que os usuários possam se familiarizar com facilidade e desfrutar de uma experiência prazerosa.

Portanto, a elaboração de um manual da usina-piloto de biodiesel servirá para ensinar e capacitar todos que têm interesse em aprender a como produzir esse biocombustível, usando como método a elaboração de um programa através da linguagem de programação Java, uma das mais utilizadas nos dias atuais e que possui recursos gráficos que permitem a elaboração de um programa intuitivo e agradável ao usuário. Esse manual se faz fundamental para a difusão do conhecimento acerca da usina-piloto de biodiesel.

3. METODOLOGIA

A Usina-Piloto de Biodiesel possui nove etapas para a produção de biodiesel: filtragem do óleo; adição do álcool; adição do catalisador; ajuste da temperatura; reação de transesterificação; separação das fases; lavagem do biodiesel; armazenamento do biodiesel; e disposição da glicerina. Essas etapas são essenciais para o bom rendimento da reação de transesterificação, resultando em biodiesel de qualidade e processo global eficiente.

O manual interativo foi desenvolvido tendo como base esses nove procedimentos, com o objetivo de atingir todos os níveis de público, desde um indivíduo que desconheça os parâmetros químicos da reação de biodiesel até acadêmicos experientes na área, mas que não saibam como operacionalizar a usina-piloto da BERSO. O operador precisa conhecer os principais parâmetros para usar corretamente os equipamentos e não causar nenhum acidente. A produção de biodiesel envolve hidróxido de sódio e álcool metílico, produtos altamente perigosos para a saúde do trabalhador e das pessoas no entorno da usina.

Na Figura 4, é possível ver um diagrama com as 13 telas que foram elaboradas no aplicativo. Tendo em vista suas funcionalidades e interface gráfica, a linguagem de programação escolhida para seu desenvolvimento foi o Java, através do ambiente de desenvolvimento integrado (IDE) Eclipse. A interface gráfica com usuário também serviu para a adição dos componentes gráficos do programa, agilizando o processo de programação.

Figura 4. Diagrama com as telas do manual interativo.

Fontes: Os autores (2018).

O Java utiliza o conceito de classes para a estruturação do código-fonte. Dessa forma, cada tela corresponde a uma classe diferente. A biblioteca *javax.swing* fornece uma série de componentes para auxiliar no processo de elaboração de um programa gráfico, como botões, janelas, tabelas e entrada de texto. Cada tela do programa é acionada através de um botão. Na Figura 4 é possível ver também essas relações representadas pelas ligações entre os blocos. O usuário na Tela Procedimentos, por exemplo, é capaz de acessar qualquer uma das nove telas seguintes, além da Tela Inicial. Já o usuário que estiver na Tela Álcool pode acessar a Tela Procedimentos, a Tela Filtragem do Óleo e a

Tela Catalisador. O primeiro e o último procedimento possuem acesso a apenas duas telas, uma vez que não têm uma janela antecessora (no caso do primeiro procedimento) ou sucessora (último procedimento).

A classe Tela Inicial foi criada através da linha de comando *public class TelaInicial extends JFrame*. O formato da classe foi escolhido para que suas informações possam ser visíveis a outras classes, facilitando a interação entre elas. O componente do GUI JFrame representa a tela na qual o usuário poderá ver o programa sendo executado. É nesse momento que as configurações iniciais são estabelecidas, como o tamanho da tela, definida em 800 pixels por 600 pixels. Essa configuração permite que o programa seja executado na maioria dos computadores, sem correr o risco da janela ser maior do que a própria resolução do dispositivo. O método *setDefaultCloseOperation* (*JFrame_EXIT_ON_CLOSE*) é usado para o programa ser encerrado completamente depois do *jframe* ser fechado pelo usuário.

O próximo passo é escolher o *layout* em que o programa irá trabalhar através do *LayoutManagers* do pacote *java.awt*. O Java possui vários tipos de *layouts* para as mais diversas funcionalidades. O escolhido para o manual interativo foi o *layout* Absoluto, que permite maior liberdade de escolha ao desenvolvedor para a disposição exata de cada componente da janela. A *IDE Eclipse* auxilia na elaboração dessa etapa, uma vez que permite a pré-visualização da janela e a composição de seus elementos de maneira rápida e direta. Ao adicionar um botão na janela, gera-se um código automático, sendo necessários apenas os ajustes dos atributos daquele componente. A cor escolhida para a tela inicial foi laranja, cor que também foi escolhida para as demais telas do programa.

Quatro botões foram criados na tela inicial pelo componente *JButton* do pacote *javax.swing*: BotaoIniciar, BotaoSobre, BotaoCreditos e BotaoSair. Os botões foram configurados na cor preta, com o método *setFocusPainted*(*false*), para ter uma aparência mais agradável ao usuário, uma vez que retira as bordas automáticas em volta das letras. O *Swing* do Java utiliza o conceito de eventos para dar funcionalidades aos botões. Dessa maneira, a classe *EventListenerList* do pacote *javax.swing.event* serviu para acionar um método assim que o usuário clicar no botão específico.

Para o BotaoSair, o método *addActionListener* serviu para o programa executar a ação *actionPerformed*, que nesse caso consistia em encerrar o

programa. Na linguagem Java, o método *System.exist*(0) desempenha tal papel. O processo foi semelhante para todos os demais botões do programa, alterando apenas a funcionalidade de cada um. Os *JButton* BotaoSobre, BotaoCreditos e BotaoIniciar abrem novas janelas no programa: TelaSobre, TelaCreditos e TelaProcedimentos, respectivamente. Para realizar esse processo, foi adicionado dentro do evento *actionPerformed* o método *setVisible*(*true*), permitindo que o usuário visualize a nova janela criada. Em seguida, um método foi usado para encerrar a janela atual. O programa funciona seguindo esse padrão. Sempre que uma janela é iniciada, realiza-se um comando para que a nova janela fique visível e encerra-se a janela antiga.

Os últimos componentes a serem inseridos dentro da Tela Inicial foram os títulos e as imagens. Para tal, o componente *JLabel* foi usado, permitindo a criação do título e subtítulo de maneira direta. Como trabalhou-se com *layout* absoluto, foi possível configurar para deixá-los centralizados horinzontalmente. Para a adição de imagens, precisou-se primeiro inseri-las dentro do projeto Java. Em seguida, a imagem foi adicionada por meio do método *getImage()* e *setIcon()*. A Figura 5 mostra o visual gráfico da tela inicial.

Figura 5. Tela inicial do Manual Interativo.

Fontes: Os autores (2018).

A produção de biodiesel na Usina-Piloto de Biodiesel da BERSO pode ser dividida em nove etapas principais. Elas foram organizadas em ordem de processamento, sendo necessário esperar a finalização da etapa anterior para prosseguir para a seguinte. A operação errada da usina em qualquer uma dessas etapas pode acarretar em consequências no produto final, como a ocorrência do processo de saponificação no reator, a diminuição do rendimento global ou a produção de biodiesel de qualidade inferior. Além disso, o uso da usina sem Equipamentos de Proteção Individual (EPI) é extremamente perigoso para o operário, podendo acarretar em problemas de saúde e ambientais caso algum composto químico corrosivo atinja a pele do indivíduo ou um produto inflamável entre em contato com uma chama.

No manual interativo, a Tela Procedimentos é considerada o menu principal do manual (Figura 6). É nela que o usuário poderá ter uma visão geral das principais etapas da usina e também navegar de maneira livre entre os procedimentos. A Tela Procedimentos é acionada depois que o usuário clicar no botão "iniciar" da Tela Inicial, por meio do método *addActionListener*. Ela possui dez botões, que redirecionam o usuário para outra tela do programa, fechando a *JFrame* atual e abrindo a *JFrame* selecionada. O botão "voltar" possibilita o retorno à Tela Inicial. Os demais botões, que abrem telas novas, são os *JButton*: BotaoFiltragem, BotaoAlcool, BotaoCatalisador, BotaTemperatura, BotaoArmazenamento, BotaoFases, BotaoTransesterificacao, BotaoGlicerina, BotaoLavagem e BotaoVoltar. Além desses botões, existe o título que pertence a *JLabel*: LabelTitulo.

Figura 6. Tela Procedimentos do Manual Interativo.

Fonte: Os autores (2018).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O manual interativo da Usina-Piloto de Biodiesel foi testado em um computador com sistema operacional *Windows 7 Ultimate* (Figura 7). Um atalho para o programa foi criado na área de trabalho, permitindo que o usuário tivesse acesso ao manual com apenas dois cliques no ícone. A imagem do ícone representa uma gota de biodiesel e foi desenvolvida no *software* Blender.

Figura 7. Teste do manual interativo em um computador pessoal e ícone do programa.

Fonte: Os autores (2018).

A janela inicial apareceu de acordo com as configurações programadas no Java, com uma resolução de 800 x 600 pixels. O usuário é capaz de acessar as demais janelas do programa ao clicar nos botões. Por meio dessa ação, o programa fecha a janela anterior e abre uma nova, com as informações da correspondente tela nova.

Seguindo os procedimentos presentes no manual interativo, foi realizada a síntese de biodiesel na usina-piloto da BERSO. A quantidade inicial de óleo de fritura usada para o teste foi 18 L, mantendo as devidas proporções para os demais reagentes, de acordo com o manual. Utilizou-se, dessa forma, 4,8 L de metanol; 177 g de hidróxido de sódio; 79,6 g de ácido sulfúrico; e 8,8 L de água para a lavagem do biodiesel.

A reação de transesterificação no reator da usina-piloto durou uma hora, assim como sugerida pelo manual (Figura 8). Em seguida, esperou-se que a glicerina e o biodiesel fossem separados completamente, para então coletar a glicerina e calcular o rendimento da usina de biodiesel da BERSO.

Figura 8. Reator de Transesterificação da usina-piloto de biodiesel.

Fontes: Os autores (2018).

O total de biodiesel gerado foi de 17,95 L; já a glicerina correspondeu a 4,4 L. Dessa forma, cerca de 19,69% da produção final resultou em glicerina, um valor que pode ser diminuído. De acordo com Mota (2009), geram-se 10 m³ de glicerina a cada 90 m³ de biodiesel produzido. Uma das causas para esse baixo desempenho pode ser a estrutura do reator de transesterificação. Por apresentar um alto teor de opacidade, é difícil distinguir a diferença entre as duas fases. O tempo esperado para a decantação da glicerina foi de 45 minutos. Como tem-se a pretensão de utilizar a usina-piloto de biodiesel duas vezes ao dia, faz-se necessário um estudo acerca do tempo ideal para a retirada da glicerina, de forma a evitar que resíduos de biodiesel ainda aglomerados ao subproduto sejam desperdiçados. Em testes laboratoriais, o tempo esperado para a decantação da glicerina é de 24 horas, mas tal período é inviável para a usina-piloto uma vez que diminuiria em pelo menos metade a produção diária.

A quantidade de óleo de fritura usada na usina somada com a quantidade de metanol resultou em 22,8 L. Considerando que a produção final de biodiesel foi de 17,95 L, obteve-se um rendimento de 78,73%. Esse valor ainda está abaixo do desejado. De acordo com Lora e Venturini (2012), a planta-piloto de biodiesel da Universidade Federal da Bahia apresentou rendimentos de biodiesel que variaram de 79,56% a 89,20%.

Uma das causas para o baixo rendimento pode ser resultado da qualidade do óleo de fritura, que não passa por um processo de lavagem e secagem como ocorre na usina da UFPB. Além disso, se faz fundamental a utilização de um tanque de reator menos opaco para uma melhor verificação da diferença de fases entre a glicerina e o biodiesel.

5. CONCLUSÕES

A tecnologia para a produção de biodiesel através da rota metílica está devidamente consolidada na Usina-Piloto de Biodiesel da BERSO. Observa-se que as nove etapas presentes para a produção foram definidas tendo em vista tanto a base científica por trás de cada uma delas quanto os parâmetros de segurança necessários para uma operação eficiente e livre de riscos, tanto ao operador quanto ao meio ambiente.

As etapas foram organizadas em um manual interativo, que pode ser executado em qualquer computador com o Java instalado. O programa funciona de forma simples e intuitiva, podendo ser usado tanto por uma pessoa totalmente leiga no assunto quanto por um estudioso na área, uma vez que o manual apresenta as proporções de matéria-prima e reagentes específicos para a usina-piloto de biodiesel localizada no DEN.

Ao seguir os procedimentos definidos no programa, obteve-se uma produção de biodiesel com cerca de 79% de rendimento, um valor que ainda precisa ser melhorado com novos testes e melhor estrutura para a síntese do biocombustível. Entretanto, o manual mostrou-se fiel à sua função, uma vez que foi desenvolvido para servir como um guia na operacionalização da usina de biodiesel. Ao seguir as etapas descritas, obteve-se o biodiesel sem nenhum acidente ou eventualidade no processo.

Espera-se que o manual possa ser útil para o treinamento de novos usuários da usina-piloto, além de se tornar uma importante ferramen-

ta didática para o ensino da reação química por trás da síntese de biodiesel. Objetiva-se também que ele possa ser multiplicado em outras instituições e escolas do Brasil, assim como em computadores pessoais de interessados na área, servindo como incentivo ao ensino e aprendizagem da produção de biodiesel.

Como perspectiva futura, pretende-se transformar o manual interativo em um aplicativo para celular, permitindo maior facilidade no acesso às suas informações e aumento no número de usuários, para haver a disseminação do conhecimento desenvolvido na Universidade. Dessa forma, encontra-se uma maneira de corresponder o estudo produzido dentro de uma universidade pública à sua função social, disseminando informação e instruindo pessoas. Um futuro manual sobre a construção de uma usina-piloto de biodiesel de baixo custo também está dentro dos planejamentos futuros, permitindo que qualquer pessoa possa montar a sua própria usina com peças encontradas em mercados populares e com preços acessíveis.

REFERÊNCIAS

ANP – AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEL. **Biodiesel**, 16 ago 2016. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/biocombustiveis/biodiesel>. Acesso em: 06 jul. 2018.

ASCOM – AGÊNCIA DE NOTÍCIAS DA UFPE. **Biorrefinaria Experimental de Resíduos Sólidos Orgânicos teste com sucesso biodiesel em trator da UFPE.** 07 jun 2018. Disponível em: <https://www.ufpe.br/agencia/noticias/-/asset_publisher/VQX2pzmP0mP4/ content/biorrefinaria-experimental-de-residuos-solidos-organicos-testa-com-sucesso-o-uso-de-biodiesel-em-tratores--da-ufpe/40615>. Acesso em: 10 jul. 2018.

BELIEVE.EARTH. **Comida que vira combustível e energia elétrica**, 22 set 2017. Disponível em: < https://believe.earth/pt-br/comida-que-vira-combustivel-e-energia-eletrica/> Acesso em: 12 jul. 2018.

BIODIESELBR. **Não jogue fora o óleo de fritura**, 03 abr 2017. Disponível em: < https://www.biodieselbr.com/noticias/biodiesel/nao-jogue-oleo-de-fritura-03-04-07.htm>. Acesso em: 29 nov. 2018.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Balanço Energético Nacional 2017: Ano Base 2016.** Rio de Janeiro: EPE, 2017.

COSTA NETO, P. R.; ROSSI, L. F. S.; ZAGONEL, G. F.; RAMOS, L. P. Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em frituras. **Química Nova**, v. 23, n. 4, p. 531-537, 2000.

DEITEL, P.; DEITEL, H. **JAVA: Como programar.** 8 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

FERREIRA, S. N. **O manual interativo multimédia na edição escolar em Portugal.** Dissertação (Mestrado em Estudos Editoriais) – Universidade de Aveiro. 2011.

GOTARDO, R. A. **Linguagem de programação I.** Rio de Janeiro: SESES, 2015.

GRANGEIRO, R. V. T.; **Avaliação dos tratamentos oxidativos avançados em água de lavagem de biodiesel e ensaios fitotoxicidade.** Tese (Doutorado em Química) – Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, PB: 2014

GRANGEIRO, R. V. T.; PINHEIRO, R. L .S; MENEZES, R. S. C. Coleta seletiva de óleo de fritura para produção e uso de biodiesel no campus Recife da UFPE. **Educação ambiental na gestão de resíduos sólidos.** Recife, p. 249-258, 2016.

GRANGEIRO, R. V. T.; PINHEIRO, R. L. S.; SOUSA, I. H.; MELO, J. C.; PRIMO, D. C.; MENEZES, R. S. C. Avaliação do potencial de uso do óleo de fritura dos restaurantes da Universidade Federal de Pernambuco para produção de biodiesel. **Arrudea**, v. 3, n. 1-2, p. 41-50, 2017.

LORA, E. E. S.; VENTURINI, O. J. **Biocombustíveis: volume 1**. Rio de Janeiro: Interciência, 2012.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Percentual obrigatório de biodiesel passa para 10%**, 01 mar 2018. Disponível em: < http://www.mme.gov.br/web/guest/pagina-inicial/outras-noticas/-/asset_publisher/32hLrOzMKwWb/con-

tent/percentual-obrigatorio-de-biodiesel-passa-para-10->. Acesso em: 07 jul. 2018.

MOTA, C. J. A.; SILVA, C. X. A.; GONÇALVES, V. L. C. Gliceroquímica: novos produtos e processos a partir da glicerina de produção de biodiesel. **Química Nova**, v. 32, n. 3, p. 639-648, 2009.

RAMOS, L. P. Conversão de óleos vegetais em biocombustível alternativo ao diesel. In: **Anais do congresso brasileiro de soja**; Empresa Nacional de Pesquisa Agropecuária; Londrina: EMBRAPA SOJA, p. 233, 1999.

RINALDI, R.; GARCIA, C.; MARCINIUK, L. L.; ROSSI, A. V.; SCHUCHARDT, U. Síntese de biodiesel: uma proposta contextualizada de experimento para laboratório de química geral. **Química Nova**, v. 30, n. 5, p. 1374-1380, 2007.

WILDNER, L. B. A; HILLIG, C. Reciclagem de óleo comestível e fabricação de sabão como instrumentos de Educação Ambiental. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental – REGET**, Santa Maria, v. 05, n° 5, p. 813-824, 2012.

1.2 TROCA SOLIDÁRIA DE REAGENTES QUÍMICOS NA UFPE: UMA ALTERNATIVA DE SUSTENTABILIDADE

SILVA, Taciana Barros e
Graduanda em Química Industrial
Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal de Pernambuco
(DEQ/UFPE)
taciana.bsilva06@gmail.com

SOUZA, Camila Claudino de
Farmacêutica Especialista em Gestão Pública
Diretoria de Gestão Ambiental da UFPE
(DGA/ UFPE)
camila4932@gmail.com

SANTOS, Dayvson Silva dos
Departamento de Odontologia Preventiva da Universidade Federal de Pernambuco
Graduando em Odontologia
Universidade Federal de Pernambuco
dayvsonss.ufpe@gmail.com

OLIVEIRA, Maria Betânia Melo de
Doutora em Ciências Biológicas
Departamento de Bioquímica do Centro de Biociências da UFPE
(CB/ UFPE)
mbetaniam2008@gmail.com

RESUMO

Resíduos químicos são substâncias que oferecem riscos devido à sua natureza. A Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) possui laboratórios geradores desses resíduos que podem causar danos à saúde pública e impactos ambientais negativos. Portanto, é fundamental que a instituição forneça uma atenção especial para esse tipo de resíduo gerado. A fim de diminuir a geração e evitar desperdícios, a UFPE lançou a campanha Troca Solidária de Reagentes Químicos, que estimula a permuta de reagentes químicos entre laboratórios. O objetivo deste trabalho foi descrever as ações realizadas pela Troca Solidária de Reagentes Químicos e avaliar seus impactos no Gerenciamento de Resíduos Químicos (PGRQ) da UFPE. A pesquisa foi de caráter descritivo e qualitativo, apresentando um estudo de caso. Toda a troca de produtos químicos ocorreu por intermédio da Diretoria de Gestão Ambiental (DGA). A campanha foi criada em 2014 e retomada em agosto de 2017, e possui ações de educação ambiental. A partir de 2017, foram registradas 245 disponibilizações, 92 solicitações e 34 trocas de reagentes. Essas ações envolveram diversos departamentos da instituição, vinculados a diferentes centros. O Centro de Tecnologia e Geociências (CTG) foi o que mais se destacou entre os centros envolvidos. O CTG contribuiu com 77,5% dos reagentes disponibilizados. Os demais centros apresentaram colaborações distintas. Essa iniciativa insere a universidade no cenário nacional de sustentabilidade e agrega mais uma ação para o PGRQ da UFPE.

PALAVRAS-CHAVE: Permuta, laboratórios, resíduos químicos.

1. INTRODUÇÃO

Com o avanço da ciência e da tecnologia percebe-se, nos últimos anos, a maior utilização de substancias químicas, tanto na área laboratorial quanto industrial. Esse aumento na produção gera resíduos advindos das diversas atividades realizadas, chamados de resíduos químicos, que são perigosos à natureza devido às suas características químicas e físicas. Atrelado a isso, observa-se o aumento da preocupação em relação ao meio ambiente e à sociedade como um todo, sendo necessária a implementação de uma política que gerencie o descarte desses produtos (PENATTI, 2009; OLIVEIRA, 2015).

Sabe-se que muitas empresas e laboratórios de ensino descartam seus resíduos de forma inadequada, seja no solo, na pia convencional, em rios, mares, etc. Esse fato vem despertando a atenção de autoridades para a criação e implementação de normas e programas sobre o descarte correto desses resíduos e sua fiscalização (HONMA, 2014).

Uma das leis que aborda este tema é a nº 12 305, de 2 de agosto de 2010. Essa lei institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), dispondo sobre seus princípios, objetivos e instrumentos; sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluindo os perigosos; às responsabilidades dos geradores e do poder público; e sobre os instrumentos econômicos aplicáveis. Ela não se aplica a rejeitos radioativos, pois esses são regulados por legislação específica.

No ambiente acadêmico, normalmente, as quantidades geradas de resíduos químicos nas unidades acadêmicas são pequenas quando comparadas à geração em escala industrial, mas a qualidade final desses resíduos é significativamente heterogênea (JARDIM, 1998). A gestão de resíduos em universidades tem como papel principal monitorar a geração dos resíduos químicos, bem como o descarte deles, além de buscar alternativas para reduzir essa geração, como por exemplo a recuperação de reagentes, reaproveitamento em outros laboratórios da universidade e mudanças nas técnicas utilizadas para minimizar o quantitativo dos reagentes.

Neste contexto, a o *campus* Recife da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) desenvolve projetos na área ambiental por meio da Diretoria de Gestão Ambiental (DGA) da Superintendência de Infra-

estrutura (Sinfra), utilizando-se de diversas medidas com o objetivo geral de tornar a UFPE uma instituição mais sustentável. As iniciativas em relação ao gerenciamento de resíduos químicos iniciaram-se após a decisão de implementar um Programa de Gerenciamento de Resíduos Químicos (PGRQ) na instituição.

O PGRQ é algo contínuo e que torna necessário um inventário dos resíduos das unidades geradoras, para que se possa conhecer o que está sendo gerado, além de reforçar a ideia de que o responsável pelo resíduo é aquele que o gerou, cabendo a ele realizar a destinação correta do resíduo, de acordo com o conceito da "responsabilidade objetiva", conforme instituído pela Política Nacional do Meio Ambiente (BRASIL, 1981). Ainda, promover a consciência ambiental na comunidade acadêmica por meio de ações de educação ambiental é essencial para um bom desempenho do PGRQ, e traz aprendizagens tanto em relação à questão ambiental quanto a questões socioeconômicas (REIS, 2014).

Nesse contexto, o objetivo principal deste trabalho foi descrever as ações realizadas no projeto da Troca Solidária de Reagentes Químicos e avaliar os impactos dessa ação no gerenciamento de resíduos químicos da UFPE.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Definição e classificação de Resíduos Sólidos

A PNRS define gerenciamento de resíduos sólidos como o conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (BRASIL, 2010). A gestão integrada de resíduos sólidos corresponde a um conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para esses resíduos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável. Já os geradores de resíduos sólidos são pessoas físicas ou jurídicas, de direito público ou privado, que geram resíduos sólidos por meio de suas atividades, nelas incluído o consumo.

A Norma Brasileira (NBR) 10 004 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) trata sobre a classificação de resíduos sólidos, que são definidos como resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nessa definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004).

Ainda, a NBR 10 004 classifica um resíduo químico perigoso (Grupo B) a partir de uma das seguintes características: inflamabilidade, corrosividade, reatividade e toxicidade. Nesse grupo também se incluem os resíduos de saneantes, desinfetantes e resíduos contendo metais pesados; reagentes para laboratórios, inclusive os recipientes contaminados por eles; efluentes de processadores de imagem (reveladores e fixadores); efluentes dos equipamentos automatizados utilizados em análises clínicas; e demais produtos considerados perigosos (COSTA; FELLI, 2012).

2.2 Experiências em outras Instituições de Ensino Superior

Dentro do contexto de buscar alternativas para promover uma melhor gestão de resíduos químicos, várias Instituições de Ensino Superior (IES) iniciaram a construção de planos de gerenciamento. A primeira universidade a implantar um PGRQ foi a Universidade de São Paulo (USP), no *campus* São Carlos. Seus resíduos são tratados e recuperados em um laboratório criado especificamente para isso, o Laboratório de Resíduos Químicos (LRQ). Após a recuperação, os reagentes químicos podem ser reutilizados e reaproveitados, reduzindo a produção de resíduos químicos. O LRQ foi inaugurado em 1997 e, em 1999, implantou o Programa de Gestão e Gerenciamento de Resíduos Químicos. Utilizaram-se para o esse tratamento processos de recuperação de solventes orgânicos, precipitação de soluções contendo sais metálicos, neutralização de soluções e descarte adequado de resíduos.

Uma fração não recuperada foi encaminhada para a incineração. Após os resultados do programa, já se considerava a inclusão dos demais *campi* da USP (ALBERGUINI, 2003).

Em seu estudo, Cunha (2001) estabeleceu o Programa de Gerenciamento de Resíduos Químicos nos laboratórios do Departamento de Química da Universidade Federal do Paraná (UFPR). A destinação final desses resíduos é o coprocessamento em forno de cimento. Antes de seguir para o processo de coprocessamento, no entanto, eles devem passar por algumas etapas: coleta e tratamento; armazenamento; licenciamento (para transporte e coprocessamento); e transporte. Na etapa de coleta, os resíduos devem ser neutralizados com o objetivo de minimizar a sua periculosidade e para aumentar a compatibilidade com os demais resíduos. Os compatíveis são adicionados a uma bobona, à qual é anexada a ficha de resíduo do material. O programa entrou em vigor em 1998 e, após três anos, já era referência para outras universidades de Curitiba.

De acordo com Imbroisi (2006), em 2002 a Universidade de Brasília (UnB) percebeu a necessidade da implantação de um sistema de gerenciamento de resíduos químicos, visando atingir 40% de reciclagem dos resíduos, para que esses retornem aos laboratórios como reagentes, e 40% de resíduos tratados de forma adequada, para que possam ser descartados não oferecendo riscos ao meio ambiente e à sociedade. Para isso, eles propuseram a criação de uma central de tratamento, recuperação e destinação final de resíduos químicos gerados, pois observaram que todos os resíduos gerados estavam sendo armazenados no depósito, o que tornava o local muito perigoso e desorganizado, por conter todos os tipos de resíduos, perigosos e não perigosos, e não ter uma periodicidade de coleta na instituição.

Como iniciativa análoga à Troca Solidária de Reagentes Químicos da UFPE, objeto deste trabalho, a Universidade Federal do Ceará (UFC), por meio do seu Programa de Gerenciamento de Resíduos (Progere), executa o projeto de remanejamento de reagentes e utensílios laboratoriais em desuso para utilização em laboratórios de ensino, pesquisa e extensão da instituição, denominado Banco de Reagentes e Utensílios de Laboratório (BRUL). Para participar do projeto, os reagentes devem preservar suas características físico-químicas e os utensílios devem estar em perfeita condição de uso (MENDONÇA et al., 2016).

2.3 Implantação do Fluxo de Reagentes na UFPE

Em 2014, foi criada na UFPE a campanha Fluxo de Reagentes Químicos sem perspectiva de uso, resultado de uma parceria entre a Coordenação de Gerenciamento de Prevenção de Resíduos e Efluentes (Coopere) e a Sinfra (antiga Prefeitura Universitária), com o objetivo de diminuir a geração de resíduos químicos entre os laboratórios da Universidade mediante a permuta dos reagentes sem perspectiva de uso, contribuindo para tornar a UFPE mais sustentável e implantar o PGRQ, além de diminuir os custos com a compra de novos reagentes (SILVA, 2014).

O projeto foi iniciado nos laboratórios de ensino e pesquisa dos dez Departamentos do Centro de Biociências (CB) da UFPE, com a elaboração de um banco de dados (planilha) no site da Sinfra com os reagentes disponibilizados. A planilha era alimentada pelos laboratórios de acordo com seus interesses, disponibilizando e/ou solicitando reagentes. A Sinfra foi o órgão responsável pelo transporte dos reagentes, assim como pelo recolhimento e pela entrega ao laboratório solicitante. Os laboratórios que aderissem ao projeto seriam contemplados com a rotulagem adequada proposta e padronizada também pela Prefeitura Universitária em parceria com a Coopere, pois foi observada durante o estudo desenvolvido por Silva (2014) a falta de rótulos nos recipientes dos reagentes passivos e ativos e a presença de rótulos danificados, com informações insuficientes ou totalmente ausentes.

Após a criação do projeto, não houve participação do centro supracitado e decidiu-se elaborar o Guia Prático para Gerenciamento de Resíduos na UFPE (Figura 1), para auxiliar esses laboratórios na implantação do PGRQ. Posteriormente, dois laboratórios do CB foram selecionados para dar início ao projeto-piloto. Realizou-se uma visita a cada um deles para identificar e criar um inventário com todos os reagentes químicos armazenados nesses laboratórios, com o intuito de identificar aqueles sem perspectiva de uso que pudessem ser disponibilizados ao projeto.

Figura 1. Capa do Guia Prático para Gerenciamento de Resíduos da UFPE.

Fonte: DGA (2018).

O objetivo da elaboração do Guia Prático para Gerenciamento de Resíduos na UFPE foi facilitar a manipulação ambientalmente adequada não só dos resíduos químicos gerados, mas também dos reagentes químicos armazenados nos laboratórios. As etapas instituídas no Guia incluem elaboração de inventário; classificação e caracterização dos resíduos químicos; rotulagem de recipientes; segregação; coleta; acondicionamento; armazenamento; destinação final dos resíduos indicando tratamento; reutilização e reciclagem; além da disposição final dos rejeitos (OLIVEIRA, 2018a).

No entanto, para a implantação do projeto de fluxo de reagentes químicos e a adesão dos procedimentos sugeridos pelo guia, é imprescindível a participação dos responsáveis pelos laboratórios. Esses devem não só mostrar interesse, mas colaborar efetivamente com a proposta (SILVA, 2014). Como não houve efetiva adesão ao projeto, uma nova proposta foi lançada em agosto de 2017 pela DGA, a fim de retomar o projeto de sustentabilidade na gestão dos laboratórios. Esta reformulação no projeto foi intitulada Troca Solidária de Reagentes.

3. METODOLOGIA

A pesquisa foi de caráter descritivo e qualitativo, apresentando um estudo de caso. A DGA tem como uma de suas funções o monitoramento dos resíduos químicos e infectantes gerados pelos laboratórios da Universidade, a fim de viabilizar a coleta e o encaminhamento desses resíduos para a destinação correta. Esse monitoramento é realizado mediante contato por *e-mail* com os responsáveis dos laboratórios e de assessorias presenciais nos laboratórios pela equipe da DGA, tendo como base os dados das planilhas com nomes dos laboratórios e responsáveis. A divulgação do projeto foi realizada também nos centros e laboratórios visitados nos monitoramentos.

Os laboratórios monitorados foram os do *campus* Recife UFPE, localizados em quatro centros: Centro de Tecnologia e Geociências (CTG), CB, Centro de Ciências da Saúde (CCS), Centro de Ciências Exatas e Naturais (CCEN), além do Laboratório de Imunopatologia Keizo Asami (LIKA).

No CTG, os departamentos que efetivamente participaram do projeto da Troca Solidária de Reagentes através de solicitações e disponibilizações de reagentes químicos foram: Departamento de Engenharia Química (DEQ); Departamento de Energia Nuclear (DEN); Departamento de Engenharia Civil; e Departamento de Oceanografia. No CB, foram: Departamento de Botânica; Departamento de Micologia; Departamento de Zoologia; e Departamento de Genética. Já no CCS, foi o Departamento de Medicina Tropical e, no CCEN, o Departamento de Física (DF) e o Departamento de Química Fundamental (DQF).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Reestruturação do Projeto de Fluxo de Reagentes

Visto que a execução da proposta do Fluxo de Reagentes viabilizou apenas parcialmente o projeto piloto de fluxo de reagentes químicos no CB da UFPE, uma vez que após o trabalho de Silva (2014) verificou-se uma baixa adesão ao projeto, outras iniciativas foram necessárias para implantar a proposta. Ainda conforme a autora, a continuidade do projeto é importante para uma conscientização na comunidade aca-

dêmica, por meio de mudanças de hábito e atitudes dos colaboradores que atuam nos laboratórios.

Assim, com a necessidade da retomada do projeto, foram propostas algumas modificações, a fim de viabilizar o projeto de fluxo de reagentes na instituição. Inicialmente, optou-se por alterar o nome da campanha, que passou a ser intitulada Troca Solidária de Reagentes, a fim de deixar mais claro o caráter de ajuda mútua entre os laboratórios, que poderiam disponibilizar substâncias químicas sem perspectiva de uso, bem como solicitar algum reagente pontualmente em falta no laboratório.

Nesse momento, percebeu-se também a necessidade de incluir todos os centros geradores de resíduos químicos na campanha e não apenas o CB, pois, dessa forma, a geração de resíduos seria minimizada na UFPE em geral e o trabalho de sensibilização ambiental estaria sendo realizado de forma mais abrangente. O banco de dados foi transformado em planilhas que eram alimentadas por formulários eletrônicos pelos usuários dos laboratórios e que podiam ser acessadas por todos através do site da Sinfra.

A DGA iniciou divulgações mensais da campanha para os laboratórios, e passou a realizar a intermediação entre o laboratório solicitante e aquele que disponibilizou o reagente, fazendo com que eles entrassem em contato para realizar a troca. Os reagentes disponibilizados deveriam permanecer armazenados no laboratório que o disponibilizou até surgir uma demanda de solicitação do mesmo. *E-mails* mensais com *banners*, a exemplo na Figura 2, explicaram a importância da campanha, enfatizando a diminuição na geração de resíduos químicos e o perigo ocasionado pelo descarte incorreto desse material, além de fornecer os *links* dos formulários para incentivar a participação.

Figura 2. Banner de divulgação da Troca Solidária de Reagentes Químicos.

Fonte: DGA (2018).

Ainda como iniciativa de educação ambiental, a DGA elaborou os Manuais de Gestão de Resíduos Sólidos e de Sustentabilidade, a fim de consolidar ainda mais o processo de educação ambiental da comunidade acadêmica. Esses manuais digitais são ferramentas para divulgação das ações ecologicamente adequadas e facilitadas, pois diminuem o impacto ambiental e os custos com impressão e podem ser acessadas por qualquer pessoa em qualquer lugar (OLIVEIRA, 2018b). Um dos manuais tem como tema a Gestão de Resíduos Químicos, e inclui informações acerca da Troca Solidária de Reagentes após a retomada do projeto, conforme ilustrado na Figura 3.

Figura 3. Manual de Resíduos Químicos.

Fonte: DGA (2018).

4.2 Dados obtidos com a Troca Solidária

No período entre setembro de 2017 e setembro de 2018, foram disponibilizados 234 reagentes, solicitados 39 e permutados 20, todos durante a campanha de Troca Solidária de Reagentes Químicos. A Figura 4 abaixo ilustra os dados.

Figura 4. Número de reagentes trocados, solicitados e disponibilizados por meio da campanha Troca Solidária de Reagentes Químicos.

Fonte: Autores (2018).

A partir desses dados, pôde-se fazer uma análise da participação dos centros acadêmicos na campanha. Segundo Silva (2014), inicialmente os laboratórios não mostraram interesse em participar do projeto, apesar de toda a divulgação realizada. Dos laboratórios selecionados, um deles disponibilizou cinco substâncias químicas, totalizando 17 recipientes, estando 15 deles lacrados e dentro do prazo de validade. O outro laboratório disponibilizou oito substâncias acondicionadas em 11 recipientes, porém nenhum se encontrava lacrado e dentro do prazo de validade.

No trabalho atual, observou-se um aumento na participação dos centros e laboratórios. Constatou-se que o CTG foi o centro mais participativo na campanha, englobando o DEQ, o DEN, o Departamento de Engenharia Civil e o Departamento de Oceanografia, tanto em

relação aos reagentes solicitados (41%) quanto aos disponibilizados (77,8%). Depois do CTG, o CB foi o centro que mais solicitou reagentes e o CCEN, o centro que mais disponibilizou. A Figura 5 mostra a porcentagem das participações dos centros da UFPE na campanha.

Figura 5. Porcentagem das participações dos centros da UFPE na campanha.

Fonte: Autores (2018).

Segundo Oliveira (2018a), a UFPE tem 376 laboratórios geradores de resíduos químicos, dos quais 37% estão vinculados ao CB; 23%, ao CCS; e 16%, ao CTG. Ao comparar esses dados com a presente pesquisa, há uma indicação de que, mesmo apresentando menos laboratórios em relação ao CB e CCS, o CTG tem maior engajamento na campanha de Troca Solidária de Reagentes.

Ao comparar com os resultados do trabalho executado na UFC, o BRUL é disponibilizado em uma planilha *online* que pode ser acessada pelo site da instituição, no qual os interessados podem consultar e realizar solicitações, apresentando, portanto, a mesma sistemática da Troca Solidária realizada na UFPE. De acordo com Mendonça et al. (2016), durante o ano de 2016 foram acrescentados 272 reagentes ao Banco de Reagentes e outros 36 foram doados, totalizando 610 reagentes. Além desses materiais, no BRUL também são doados os utensílios de laboratório.

5. CONCLUSÕES

A implantação de um PGRQ é de extrema importância principalmente em universidades que possuem atividades de ensino, pesquisa e extensão, e que geram uma infinidade de resíduos químicos, em grande volume. Ao observar essa necessidade, a DGA, junto à Coopere, decidiu implantar o PGRQ na UFPE e, com isso, surgiu a ideia da campanha Troca Solidária de Reagentes Químicos, que possui o objetivo de estimular a permuta de reagentes sem perspectiva de uso entre os laboratórios da Universidade, a fim de diminuir a geração de resíduos.

A campanha, que foi criada em 2014 com o nome Fluxo de Reagentes e retomada em 2017, conta com a participação de diversos centros da UFPE, sendo o mais participativo o CTG (77,8% de participação na disponibilização dos reagentes), mesmo apresentando menor quantitativo de laboratórios em relação ao CB e CCS.

Este projeto também tem um forte cunho de educação ambiental, visto que há um trabalho constante de sensibilização das equipes que trabalham nos laboratórios, a fim de aumentar o engajamento da comunidade acadêmica na campanha. Esse engajamento é alcançado por meio de visitas de assessoria, comunicação por *e-mails* e envio de materiais com mensagens informativas e também de incentivo da solidariedade entre os laboratórios para promoção da campanha.

Ao se utilizar dessas medidas, a Universidade estará focando na sensibilização dos profissionais da área, docentes, técnicos e também alunos, e ainda estará considerando os aspectos econômicos e ambientais, pois, ao reaproveitar os resíduos, os gastos com a compra de novos reagentes são reduzidos e o descarte é realizado de forma ambientalmente correta. O objetivo da campanha vem, portanto, sendo cumprido, pois as trocas de reagentes estão sendo realizadas e, consequentemente, os laboratórios estão gerando cada vez menos resíduos químicos.

A Troca Solidária de Reagentes Químicos é uma importante ferramenta para consolidação do PGRQ, trazendo benefícios para a comunidade acadêmica. Ao colocar todas essas tarefas em prática, os danos causados ao meio ambiente e à sociedade estarão sendo minimizados e a conscientização ambiental estará sendo difundida pela instituição e, aos poucos, para a comunidade externa.

REFERÊNCIAS

ALBERGUINI, Leny Borghesan A.; SILVA, Luis Carlos; REZENDE, Maria Olímpia Oliveira. Laboratório de resíduos químicos do campus USP-São Carlos-resultados da experiência pioneira em gestão e gerenciamento de resíduos químicos em um campus universitário. **Química Nova**, v. 26, n. 2, p. 291-295, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004: Resíduos sólidos – Classificação.** Rio de Janeiro, 2004.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010.** Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei n.9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. 2010. Disponível online em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm. Acesso em 2 nov 2018

BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981.** Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.1981. Disponível online em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm. Acesso em: 02 nov 2018

COSTA, T. F.; FELLI, V. E. A.. Periculosidade dos produtos e resíduos químicos da atenção hospitalar. **Cogitare Enfermagem**, [s.l.], v. 17, n. 2, p.322-330, 2012.

CUNHA, Carlos Jorge da. O programa de gerenciamento dos resíduos laboratoriais do Depto de Química da UFPR.**Quim. Nova**, v. 24, n. 3, p. 424-427, 2001.

HONMA, Ana Luiza. **Resíduos químicos apresentam risco à saúde e ao meio ambiente.** 2014. Disponível em: <http://www.comunica.ufu.br/noticia/2014/09/residuos-quimicos-apresentam-risco-saude-e-ao--meio-ambiente> Acesso em 23/11/2018.

IMBROISI, Denise et al. **Gestão de Resíduos Químicos em Universidades: Universidade de Brasília em Foco**. 2006. Disponível em: <http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/11792/1/ARTIGO_GestaoResiduosQuimicos.pdf> Acesso em 30/11/2018.

JARDIM, W. F. **Gerenciamento de Resíduos Químicos**. São Paulo. 2013. P 2-5. Disponível em: <http://lqa.iqm.unicamp.br/pdf/LivroCap11.PDF> Acesso 23/11/2018.

JARDIM, W. F.; Gerenciamento de resíduos químicos em laboratórios de ensino e pesquisa.**Química Nova.** vol.24, n.3, p. 271-673, 1998.

MENDONÇA, Luan Bastos; MACHADO, Francisca Lívia de Oliveira; NOGUEIRA, Tiago Rocha; BORGES, Simone da Silveira Sá; HOLANDA, Lucas Freire de; TORRES,Geovany Rocha. Banco de Reagentes e Utensílios de Laboratórios: Uma Alternativa de Reutilização nos Laboratórios da UFC. **Encontros Universitários da UFC**, Fortaleza, v. 1, 2016.

PENATTI, Fábio Eduardo. **Gerenciamento de Resíduos Como Instrumento de Gestão Ambiental em Laboratórios de Análises e Pesquisa da Área Química.** Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Estadual Paulista, 2009.

OLIVEIRA, Greice Vanin. **Gestão de Resíduos Químicos.** 2015**.** Disponível em: <https://www.ufrgs.br/farmacia/wp-content/uploads/2015/10/Aula-Gestao-de-Residuos-Quimicos-26-08-15.pdf> Acesso em 23 nov 2018.

OLIVEIRA, M. B. M. de, SANTOS, D. S. dos, SOUZA, C. C. de, SANTOS, M. V. B. Gerenciamento de Resíduos Químicos na UFPE: Implantação e Monitoramento. In: Santos, J.P.O; Silva, R.C.P., Mello, D.P., El-Deir, S.G. (Org.). **Resíduos Sólidos: Gestão pública e privada**. Recife: EDUFRPE, pp. 242-252, 2018a.

OLIVEIRA, M.B.M., GONZAGA, W.V., MENEZES, R.S.C., XAVIER, M.F.M., 2018. Educação Ambiental por Meio de Manuais: uma Estratégia para Gestão de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade na UFPE. *In*: Santos, J.P.O; Silva, R.C.P., Mello, D.P., El-Deir, S.G. (Org.). **Resíduos sólidos: tecnologia e boas práticas de economia circular**. Recife: EDUFRPE, pp. 320-329, 2018b.

REIS, P. M.; **Gerenciamento De Resíduos Químicos Nas Universidades Federais Brasileiras**. Monografia de Trabalho de Conclusão de Curso Bacharelado em Química**.** Universidade Federal de São João del-Rei, 2014.

SILVA, R. N.S. **Viabilização do Fluxo de Reagentes Químicos no Centro de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Pernambuco.** Monografia de Trabalho de Conclusão de Curso Bacharelado em Química Industrial. Universidade Federal de Pernambuco, 2014.

1.3 GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS: POTENCIAL DE REUTILIZAÇÃO DOS RESÍDUOS ORGÂNICOS VEGETAIS DA UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

SILVA, Arthur Diniz Faustino da
Graduando no curso superior de Tecnologia em Gestão Ambiental
Universidade Faculdades dos Guararapes – UNIFG
arthur.dinizfaustino@gmail.com

SANTOS, Jonathan Soares dos
Graduando no curso superior de Tecnologia em Gestão Ambiental
Instituto Federal de Pernambuco – IFPE
josejonathas10@hotmail.com

MENEZES, Thaís Meira
Doutoranda em Química – Universidade Federal de Pernambuco – UFPE
Divisão de Áreas Verdes e Vias – DAVV, Departamento de Logística e Serviços – DELOGS – UFRPE
thais_meira22@hotmail.com

RESUMO

O presente estudo tem como objetivo avaliar a situação da gestão dos resíduos sólidos orgânicos vegetais bem como seu potencial de reutilização nas dependências do *campus* Sede da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), localizado em Dois Irmãos, no Recife. Os dados da pesquisa foram obtidos por meio de consulta e entrevista a servidores e funcionários da Divisão de Áreas Verdes e Vias (DAVV) do Departamento de Logística e Serviços (DELOGS, Prefeitura do *campus*) da UFRPE. Os resíduos provenientes da arborização urbana no *campus* constituem-se basicamente de folhas, ramos, galhos e tocos. Os dados obtidos demonstraram que o *campus* Sede da UFRPE gera em torno de 1000 quilos de resíduos de varrição diária. Portanto, percebe-se a importância desses dados para melhor contribuição no planejamento do uso da biomassa gerada e para a valorização desta. Por fim, é premente a criação de novas políticas ambientais que norteiem o sistema de arborização, poda e erradicação do *campus*, bem como o encaminhamento desses resíduos para o reaproveitamento.

PALAVRAS-CHAVE: UFRPE, Resíduos de poda, Compostagem.

1. INTRODUÇÃO

A crescente quantidade de resíduos sólidos urbanos gerados, associada ao aumento do consumo proveniente do processo de industrialização, é um dos principais desafios da atualidade. De acordo com dados do Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2017), cerca de 50% dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) gerados no País são orgânicos e poderiam ter como alternativa de destinação final ambientalmente adequada o tratamento por meio da técnica de compostagem.

As Instituições de Ensino (IES) podem ser consideradas como grandes geradoras de RSU, em consequência das diversas atividades desenvolvidas. Elas, de acordo com Tauchen e Brandli (2006), podem ser comparadas com pequenos núcleos urbanos, envolvendo diversas atividades de pesquisa, ensino e extensão e atividades referentes à sua operação. Além disso, o *campus* necessita disponibilizar infraestrutura básica para possibilitar a prática rotineira de diversas atividades dos indivíduos transeuntes.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei n° 12 305/2010, apresenta importantes instrumentos para possibilitar o avanço necessário no enfrentamento dos principais problemas ambientais, sociais e econômicos decorrentes do manejo inapropriado dos resíduos sólidos no País. Essa lei estabelece uma ordem de prioridade de "não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos" (BRASIL, 2010).

De acordo com a PNRS (2010, p.32), no âmbito da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, cabe ao titular dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, observado, se houver, o plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos,

> Adotar procedimentos para o reaproveitamento dos resíduos sólidos reutilizáveis ou recicláveis oriundos dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, uma vez que possa realizar a implementação de um sistema de compostagem para os resíduos sólidos orgânicos gerados, além de articulações com os agentes econômicos e sociais so-

> bre as formas de utilização do composto produzido (BRASIL, 2010, p.32).

Inserida nesse contexto, a Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), ciente de suas responsabilidades como IES, assume a importância da consciência e sensibilização socioambiental. Assim, com base nos objetivos e princípios do Plano de Gestão de Logística Sustentável (PLS) da UFRPE, instrumento de planejamento que reflete o interesse da instituição na busca pela eficiência do serviço público, este estudo tem como objetivo avaliar a situação da gestão dos resíduos sólidos orgânicos vegetais, bem como seu potencial de reutilização nas dependências do *campus* Sede.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para os efeitos da Norma Regulamentadora (NBR) 10 004, revisada em 2004, definem-se resíduos sólidos como:

> [...] resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004, p.1).

Segundo Calderoni (1998), o conceito de resíduos sólidos pode variar mediante os diversos fatores jurídicos, econômicos, sociais, ambientais e tecnológicos existentes em uma determinada época e lugar. Tais conceitos e objeto de estudo devem ser avaliados com suas devidas particularidades, uma vez que tais resíduos podem trazer sérios danos ao meio ambiente.

Para a Lei Federal n° 12 305/2010, em seu artigo 3º, inciso XVI, resíduo sólido é:

> [...] material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem

> inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (BRASIL, 2010, art. 3º).

A consequente expansão territorial urbana e a ampliação do sistema de produção e consumo industrial têm contribuído para agravar as condições ambientais, sobretudo do cenário urbano. Esses acontecimentos determinam nos espaços urbanos diversos impactos ambientais, como, por exemplo, a poluição da água, do ar e do solo por meio da geração de resíduos sólidos urbanos (MUCELIN e BELLINI, 2008). Há, portanto, diversas formas de tratamento dos resíduos produzidos por meio dessas atividades, como aterros sanitários, aterros controlados, incineração, compostagem, reciclagem, entre outros (SIQUEIRA, 2008). No entanto, nenhuma solução resolve satisfatoriamente o problema (AVILA et al., 2007).

Experiências bem-sucedidas demonstraram que o processo de compostagem se apresenta como a melhor prática para a destinação dos resíduos orgânicos gerados em uma Instituição de Ensino. Na Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), esse e outros tratamentos já são realizados na Biorrefinaria Experimental de Resíduos Sólidos Orgânicos (BERSO), que visa criar possibilidades para a gestão dos resíduos orgânicos gerados na IES, aliando atividades de pesquisa, ensino e extensão. Outras instituições também têm optado pela implantação dessa técnica, como o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), mais especificamente no *campus* Juazeiro do Norte (OLIVEIRA et al., 2018); a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) (JULIATTO, CALVO e CARDOSO, 2011); e o *campus* II da Universidade de São Paulo (USP) (SCHALCH et al., 2013). Assim, as experiências bem-sucedidas embasadas em uma logística de gerenciamento dos resíduos orgânicos podem fomentar a adoção dessas em outras instituições de ensino.

De acordo com a NBR 13 591 de 1996, da ABNT, o processo de compostagem pode ser definido como:

> Processo de decomposição biológica da fração orgânica biodegradável dos resíduos, efetuado por uma população diversi-

> ficada de organismos, em condições controladas de aerobiose e demais parâmetros, desenvolvido em duas etapas distintas: uma de degradação ativa e outra de maturação (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1996, p.2).

A compostagem é um processo biológico de decomposição de matéria orgânica que pode ser de origem animal ou vegetal (CERRI, 2008). O processo de compostagem favorece não apenas o benefício da matéria orgânica no solo, que é o de fornecer nutrientes para as plantas, mas, principalmente, de modificador, a fim de melhorar as propriedades físicas e biológicas desse solo. O composto produzido a partir do processo de compostagem, ao ser inoculado ao solo, disponibiliza quantidades satisfatória de macros e micros nutrientes (FILHO et al., 2017).

3. METODOLOGIA

3.1 Caracterização da Universidade Federal Rural de Pernambuco

A UFRPE é composta por mais de 1200 professores, mais de 1000 técnicos e mais de 800 trabalhadores terceirizados, além de cerca de 15 mil estudantes. A UFRPE oferta cursos de graduação, pós-graduação, tecnológica, técnica e de educação básica, além de atividades e projetos de ensino, pesquisa e extensão em várias áreas do conhecimento. A instituição está presente em todas as regiões do estado de Pernambuco, além de parte da Bahia, por meio de unidades acadêmicas, estações de pesquisa e polos de ensino a distância (EAD).

3.2 Levantamento de dados

Primeiramente, foi realizado o levantamento dos dados existentes, por meio de consulta e entrevista a servidores e funcionários da Divisão de Áreas Verdes e Vias (DAVV), setor vinculado ao Departamento de Logística e Serviços (Delogs, antiga Prefeitura do *campus*) da UFRPE.

3.3 Caracterização do sistema de varrição, poda e remoção da arborização urbana da UFRPE

Para a caracterização do sistema de varrição, poda e remoção da arborização urbana realizadas pela UFRPE, foram coletadas informações sobre os seguintes aspectos:

- Procedimentos e operações realizados para execução desses serviços;
- Destinação dos resíduos;
- Características da mão de obra pela execução das atividades;
- Custos para a realização;
- Requisitos legais e normativos.

3.4 Fatores geradores dos resíduos de varrição, poda e erradicação

Os fatores que levam à geração desses resíduos foram levantados por meio de:

- Acompanhamento *in loco* e entrevistas com a equipe da DAVV, setor vinculado ao Delogs.
- Levantamento de dados secundários sobre a relação da comunidade acadêmica da UFRPE com as árvores urbanas e os principais motivos para solicitação de poda e erradicação;
- Caracterização da operação da poda nas dependências do *campus* da UFRPE (intensidade de poda, espécies mais podadas, etc.).

3.5 Descrição do gerenciamento dos resíduos de varrição, poda e erradicação

Esses serviços são realizados diretamente pela DAVV/Delogs. Os resíduos são dispostos em caçambas da própria Universidade e, posteriormente, são acondicionados em locais disponíveis dentro das dependências do *campus*.

3.6 Quantificação dos resíduos de varrição da UFRPE

Para a medição do material resultante da varrição, foi utilizada uma balança suspensa digital 300S, que suporta o peso máximo de 300 kg (Figura 1).

Figura 1. Balança Suspensa Digital 300S

Fonte: Disponível em: https://www.google.com.br/imghp?hl=pt-PT&tab=wi Acesso em 12 nov. 2018.

A quantificação da geração dos resíduos de varrição foi obtida no período de duas semanas no mês de novembro, sendo esses pesados nos turnos da manhã e tarde.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Resíduos gerados

Nos últimos anos, os resíduos provenientes da varrição, poda e erradicação de árvores da Universidade estiveram sendo dispostos em diversos locais disponíveis na UFRPE. Ao serem depositados nesses

locais, os resíduos eram utilizados para a produção de composto orgânico, que, posteriormente, era aproveitado no processo de paisagismo e jardinagem do *campus* universitário.

Diversos fatores ocasionaram um conflito para a não permanência desses resíduos nos locais até então disponibilizados pela instituição, tais como:

- Em 2014, foram iniciados os trabalhos para a construção da Transrural, principal obra de infraestrutura da instituição. Essa obra visava garantir a mobilidade e a acessibilidade aos transeuntes da instituição. No entanto, dada a necessidade de construções de novas vias pavimentadas e do sistema de rede elétrica, o resíduo que antes estava sendo depositado em um desses locais precisou ser retirado.
- Preocupações por parte de alguns transeuntes da Universidade acerca das características físicas e biológicas das pilhas de composteira, como, por exemplo, odor e receio da atração de alguns insetos. Além disso, havia o incômodo visual para algumas pessoas, uma vez que as pilhas de composteira não são esteticamente agradáveis para alguns.

Com relação aos custos de poda e erradicação de árvore no campus da UFRPE, esse valor pode variar conforme o porte das árvores. Essa estimativa de custos é calculada por meio dos insumos utilizados para essa operação, como, por exemplo, combustíveis utilizados para os transportes, mão de obra empregada, entre outros.

4.2 Tipo de resíduo e os fatores geradores

Os resíduos provenientes da arborização urbana no *campus* constituem-se basicamente de folhas, ramos, galhos e tocos. No caso da remoção, há também as raízes e o tronco, sendo estes últimos muitas vezes comprometidos pela degradação. A Figura 2 demonstra os resíduos da arborização urbana produzidos na Universidade.

Figura 2. Resíduos da arborização urbana do *campus* sede UFRPE

Fonte: Os autores.

Os fatores geradores desse resíduo estão diretamente relacionados à forma de manejo das operações de poda, às vias públicas, ao modelo de urbanização e planejamento dos espaços e ao sistema de infraestrutura empregado na cidade em questão, tal como a fiação de energia elétrica. A Tabela 1 demonstra os principais fatores geradores de resíduos provenientes da ação de poda e erradicação de árvores da UFRPE.

Tabela 1. Descrição dos fatores geradores dos resíduos de podas e erradicação.

Fator Gerador	Descrição
Planejamento dos espaços urbanos	Espaços insuficientes para a arborização urbana, em função das calçadas estreitas e da falta de recuo de algumas construções.
Sistema de fiação elétrica	Algumas fiações elétricas que desconsideram a arborização urbana e limitam as espécies de árvores no seu crescimento.
Relação da comunidade acadêmica com as árvores	Visão equivocada sobre a função da árvore. Destacando-se aqui algumas considerações sobre a percepção da comunidade com relação às árvores.

Fonte: DAVV/DELOGS.

Nos acompanhamentos de campo e nas entrevistas realizadas, verificou-se que geralmente as podas de condução das árvores são realizadas em espécies arbustivas, causadas pelo seu crescimento lateral e pelas danificações nas infraestruturas que estão nas dependências do *campus* da UFRPE, como a invasão de calçadas e o comprometimento da rede de fiação elétrica.

Inicialmente, a operação de poda e erradicação de árvores da UFRPE era realizada de forma não padronizada e apenas uma parcela da Universidade tinha o conhecimento da disponibilização desse serviço. Hoje, o DAVV/DELOGS recebe diversas solicitações de erradicação e podas de árvores; esse setor, ao ser solicitado, realiza uma requisição de autorização ambiental à Prefeitura Municipal do Recife, responsável por analisar e decidir, após a juntada de laudo elaborado pelo técnico legalmente habilitado da Secretaria Municipal do Meio Ambiente do Recife, se a operação será realmente necessária. A Tabela 2 apresenta a quantidade de solicitações entre os anos de 2017 e 2018.

Tabela 2. Quantidade de solicitações de podas e erradicações de árvores da UFRPE.

Solicitações (RT)		
Ano	2017	2018
Quantidade	48	47
Total	95	

Fonte: DAVV/DELOGS.

4.3 Execuções dos serviços de varrição, poda e erradicação de árvores na UFRPE

As operações de poda e erradicação da UFRPE são efetuadas pela DAVV, setor integrante do DELOGS, que protocola uma solicitação de autorização ambiental à Prefeitura Municipal do Recife para poda/remoção no *campus* da Universidade.

A execução de varrição, poda e erradicações de árvores pela UFRPE é realizada por uma equipe de funcionários disponíveis no DAVV/DELOGS. Esses funcionários foram orientados pelo Departamento de Ciências Florestal (DCFL) da UFRPE a desenvolver a poda e a erradicação de maneira correta, com algumas técnicas de manejo e ferramentas adequadas, a fim de evitar a poda drástica de árvores, que é considerada crime ambiental.

A poda e a erradicação de árvores da Universidade são realizadas basicamente visando três finalidades:

- De limpeza: eliminar os ramos velhos, mortos ou doentes;
- De contenção: adequar as copas das árvores em função do espaço disponível, devido ao plantio inadequado; e
- Emergencial: é realizada para remoção das partes da árvore que venham a ameaçar a segurança dos transeuntes, das edificações ou de outras instalações, como, por exemplo, as redes aéreas elétricas.

4.4 Quantificação dos resíduos de varrição da UFRPE

Os dados obtidos demonstraram que a UFRPE gera em torno de 1000 kg de resíduos de varrição diária. A Tabela 3 demonstra a

quantidade de amostras (sacos) coletadas na UFRPE no período de duas semanas.

Tabela 3. Quantidade de amostras coletadas no *campus* Sede da UFRPE.

Gerador	Frequência de coleta (vezes/ diário)	Média dos resíduos coletados (kg/ diário)	Quantidade de amostras coletadas (sacos 20 L)	Total (kg/ diário)
Resíduos de varrição	3	475,63	895	1000

Fonte: Os autores.

Não foi possível realizar neste estudo a quantificação dos resíduos gerados pela poda e erradicação de árvores realizadas no *campus* Sede da UFRPE, uma vez que essas operações se encontram suspensas devido a alguns procedimentos burocráticos que devem ser solicitados à Prefeitura Municipal do Recife. No entanto, com base nos resultados demonstrados na Tabela 2, percebe-se que há um grande número de solicitações para a realização desses serviços, podendo, assim, haver a geração de uma boa quantidade de resíduos provenientes da poda/erradicação.

4.5 Projeto de construção do pátio de compostagem

Após a realização do diagnóstico de geração e composição dos resíduos oriundos da arborização urbana, foi possível selecionar a área necessária para a construção de um pátio destinado para a atividade de compostagem.

A área está localizada no terreno do Departamento de Pesca e Aquicultura (DEPAq), próximo ao Laboratório Farmacêutico de Pernambuco (Lafepe), e se encontra presente em um dos projetos de mobilidade e acesso à BR-101 da Universidade. O projeto prevê a abertura do muro para acesso à Transrural, com o intuito de possibilitar melhor acessibilidade à rodovia. A área está passando por um processo de benfeitorias, mediante a realização de nivelamento e limpeza em prol de uma melhor estrutura a ser reintegrada para a UFRPE, em forma de galpões. A partir de todas essas benfeitorias, o local passará a ser de fácil acesso, permitin-

do o reviramento da mistura e a passagem de veículos para o transporte de material, com pouca declividade, proteção de vento e insolação direta, além de possuir água disponível para regar as pilhas de compostagem.

Faz-se necessário um bom planejamento para a construção de um pátio de compostagem, tendo em vista que o processo de decomposição da matéria orgânica resultará na geração de um liquido percolado (chorume). Esse líquido é muito poluente e pode afetar o meio ambiente e a saúde humana. Sendo assim, além das benfeitorias de nivelamento e limpeza em prol de uma melhor estrutura, deverá acontecer também a construção de uma base de concreto, com declividade, e de uma canaleta para contenção e escoamento do chorume produzido.

De acordo com Kiehl (1998), o composto produzido é originado a partir da digestão do resíduo vegetal por microrganismos, transformando toda matéria-prima em um produto mais estável, conhecido como húmus, que é frequentemente utilizado como fertilizante, devido às suas características físico-químicas, proporcionando, por sua vez, o desenvolvimento das plantas. Há, portanto, vários procedimentos para se obter um composto orgânico por meio do processo de compostagem, sendo os mais comuns a compostagem natural, a compostagem por aeração e a compostagem por meio de reator biológico. Nesse sentido, o método que se apresenta como forma mais viável para a UFRPE é a compostagem natural, tendo em vista o alto grau de eficiência no reaproveitamento dos resíduos orgânicos, o baixo investimento inicial, o uso de equipamentos mais simples e a facilidade de operação.

5. CONCLUSÕES

Ao diagnosticar e quantificar a geração de resíduos vegetais, o presente estudo permitiu o direcionamento em relação à gestão desses resíduos na Universidade e será de grande valia para o norteamento das etapas posteriores do projeto do pátio de compostagem. É necessário ressaltar a importância da adequação da gestão de resíduos sólidos dentro da UFRPE, de modo a buscar no interesse comum uma melhor prática de gestão dentro das dependências da Universidade, reduzindo assim o desperdício de resíduos que poderiam ser reaproveitados como composto orgânico de qualidade para utilização no processo de paisagismo/jardinagem do próprio *campus*.

É perceptível a importância desses dados para a contribuição no planejamento do uso da biomassa gerada e para a valorização desta. Assim, espera-se potencializar o uso desses resíduos provenientes da arborização urbana na Universidade, diminuindo, dessa maneira, os impactos socioambientais. Por fim, é premente a criação de novas políticas ambientais que norteiem o sistema de arborização, da poda e da erradicação do *campus*, bem como o encaminhamento desses resíduos para o seu reaproveitamento.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004:** Resíduos Sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13.591:** Compostagem – Terminologia. Rio de Janeiro, 1996.

AVILA, V.S; COSTA, C. A. F; FIGUEIREDO, E. A. P; ROSA, P. S; OLIVEIRA, U; ABREU, V. M. N. Materiais alternativos, em substituição à maravalha como cama de frango, **Comunicado Técnico.** Embrapa, 2007.

BRASIL. **Compostagem doméstica, comunitária e institucional de resíduos orgânicos**: manual de orientação. Ministério do Meio Ambiente. Centro de Estudos e
Promoção da Agricultura de Grupo, Serviço Social do Comércio - Brasília, DF: MMA, 2017.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, altera a lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 e dá outras providências. 2010.

CALDERONI, S. **Os bilhões perdidos no lixo.** 2. Ed. São Paulo: Humanistas, 348p. 1998.

CERRI, C. E. P; OLIVEIRA, E. C. A; SARTORI, R. H; GARCEZ, T. B. **Compostagem.** Universidade de São Paulo. 2008.

FILHO, R. C. S; HOLANDA, E. P. T; OLIVEIRA, L. C. F; SILVA, V. M. F. O aproveitamento de resíduos sólidos urbanos, por meio do processo de compostagem aeróbia enriquecida com casca de sururu para aproveitamento na construção civil. **Ciências Exatas e Tecnológicas**, v. 4, n.2, p. 125-134, 2017.

JULIATTO, D.L; CALVO, M.J; CARDOSO, T.E. Gestão Integrada de Resíduos Sólidos para Instituições Públicas de Ensino Superior. **Revista Gestão Universitária na América Latina** - GUAL. V.4, N.3. p 170 – 193. 2011. Disponível em: <http://www.redalyc.org/html/3193/319327512010/> Acesso em: 12 nov. 2018.

KIEHL, E. J. **Manual de Compostagem**: maturação e qualidade do composto. Piracicaba, 1998.

MUCELIN, C. A; BELLINI, L. M. Lixo e impactos ambientais perceptíveis no ecossistema urbano. **Sociedade & natureza (UFU. Online)**, v. 20, p. 111-124, 2008.

OLIVEIRA, J.L; ALMEIDA, A. B; FREIRE, L.L; ALBUQUERQUE, M. S; BARBOSA, J.C; PEREIRA, M.S; BARBOSA, U.P.S. Compostagem dos resíduos orgânicos em instituições de ensino: experiências do IFCE - Campus Juazeiro do Norte. **Revista Ciência e Sustentabilidade**, v. 4, p. 57-78, 2018.

TAUCHEN, J; BRANDLI, L. L. A gestão ambiental em instituições de ensino superior: modelo para implantação em campus universitário. **Revista Gestão e Produção**, v.13, n.3, p.503-515, 2006.

SCHALCH, V; BONTEMPÍ, R. M; LIMA, M; LUPION, R; RAMOS, L; GARCIA, L; BEHAM, T; ALENCAR, L; PUCCI, F; ZANETTI, P; SANTOS, C; OLIVEIRA, R; BOICO, V. **Compostagem dos resíduos orgânicos do restaurante universitário do campus II da USP**. São Carlos, 2013.

SIQUEIRA, M.S; et al. **Avaliação da gestão de resíduos de construção de edifícios na cidade do Recife.** 2008.

1.4 GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS E SEUS ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS NA REGIÃO NORDESTE

NEVES, Luiz Henrique Nascimento
Graduando no curso superior de Tecnologia em Gestão Ambiental
Universidade Faculdades dos Guararapes – UNIFG
luiz.nascimentoneves@gmail.com

SILVA, Arthur Diniz Faustino da
Graduando no curso superior de Tecnologia em Gestão Ambiental
Universidade Faculdade dos Guararapes – UNIFG
arthur.dinizfaustino@gmail.com

ALBUQUERQUE, Elielton Alvez de
Msc. Desenvolvimento e Meio Ambiente – Universidade Federal de Pernambuco – UFPE
elieltonalbuquerque@hotmail.com

RESUMO

Este estudo tem como objetivo avaliar o aumento da geração de resíduos sólidos e seus aspectos socioeconômicos na região Nordeste, correlacionando-os com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS). Os dados da pesquisa foram obtidos por meio de revisão bibliográfica. O aumento da quantidade de resíduos sólidos urbanos demonstrou um aspecto socioeconômico positivo, uma vez que possibilitou um aumento significativo de empregos diretos gerados pelo setor de limpeza urbana na região Nordeste. A quantidade de municípios com iniciativas de coleta seletiva no Nordeste foi de 1794 no ano de 2017. Tais ações possibilitaram uma redução dos gastos públicos como uma solução real a partir da organização de cooperativas de catadores, de modo a gerar uma inclusão social participativa através da reciclagem de resíduos sólidos e também de uma melhoria das condições de trabalho. As cooperativas apresentam-se não só como uma solução para o problema da destinação final dos resíduos sólidos gerados, mas também como forma de geração de emprego e renda. Os resultados encontrados confirmaram correlação significativa entre a geração de resíduos sólidos e seus reflexos no desenvolvimento socioeconômico na região Nordeste, baseado em dois dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável: o objetivo 8, que visa ao emprego digno e ao crescimento econômico, e o objetivo 10, que propõe a redução das desigualdades sociais.

PALAVRA-CHAVE: RSU, Desenvolvimento Sustentável, Cooperativismo.

1. INTRODUÇÃO

A crescente geração de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) apresenta-se como um dos grandes obstáculos para o desenvolvimento sustentável. Um grande desafio que tem sido imposto à sociedade atual, além de repensar a produção e o consumo excessivo de bens, é o estabelecimento de uma gestão integrada de resíduos sólidos e a manutenção de um ambiente equilibrado e saudável (FERRARI et al., 2015).

O processo de urbanização e o crescimento populacional refletiram diretamente nos diversos impactos ambientais e, principalmente, no aumento de geração de resíduos sólidos em todas as regiões (DEMAROJOVIC e LIMA, 2013). De acordo com dados da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (Abrelpe), a quantidade de RSU gerada no ano de 2017 cresceu em todas as regiões, em comparação com a do ano anterior, revelando um total de 78,4 milhões de toneladas/ano no País (ABRELPE, 2017).

De acordo com dados do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), cerca de 160 mil toneladas diárias de resíduos sólidos urbanos são gerados em todo o País, sendo de 30% a 40% desse montante considerados passíveis de reaproveitamento e reciclagem. No entanto, com um setor ainda pouco explorado no Brasil, apenas 13% desses resíduos são encaminhados para a reciclagem (IPEA, 2017).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída por meio da Lei n° 12 305 de 02 de agosto de 2010, estabelece importantes instrumentos para os desafios dos principais problemas ambientais, sociais e econômicos provenientes de um manejo inadequado dos resíduos sólidos gerados. Essa lei, além de propor princípios básicos de não geração, reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final dos resíduos, determina objetivos de organização de catadores, visando sua autonomia econômica e a ampliação dos serviços por meio da sustentabilidade dos empreendimentos de limpeza urbana e de inclusão social.

Na conceituação de Ignacy Sachs (1995, apud FERNANDES, 2015), a sustentabilidade deve abraçar as cinco dimensões existentes:

> 1) Sustentabilidade Social – criação de um desenvolvimento que objetive construir uma sociedade justa, com melhor distribuição social da renda e redução do abismo entre os mais ricos e os mais pobres.

> 2) Sustentabilidade Econômica – deve ser avaliada em termos macrossociais [no nível de bem-estar de toda a sociedade] e não apenas no nível microeconômico [no plano do lucro das empresas individuais]. Também a expansão da ciência e da tecnologia deve ser contemplada, tornando-as disponíveis especialmente aos países subdesenvolvidos.
>
> 3) Sustentabilidade Ecológica – deve levar em conta os limites da Terra e produzir um desenvolvimento em harmonia com os recursos naturais. Uma medida seria limitar o uso de combustíveis fósseis, substituindo-os por fontes de energia renováveis e/ou abundantes [...]. Outra medida seria reduzir o volume do lixo e dos resíduos, com a sua reciclagem. Deve-se ainda intensificar a pesquisa tendo em vista a obtenção de tecnologias "limpas" [não poluidoras], como máquinas que gastem menos energia, uso do hidrogênio ou da energia solar, etc.
>
> 4) Sustentabilidade Espacial – configuração rural-urbana mais equilibrada e melhor distribuição territorial dos assentamentos humanos e das atividades econômicas. Isso implica reduzir a excessiva concentração de pessoas e atividades nas áreas metropolitanas, frear a colonização de áreas florestais, incentivar a industrialização descentralizada e criar uma rede de reservas naturais e de biosfera para proteger a biodiversidade.
>
> 5) Sustentabilidade Cultural – aproveitamento da sabedoria dos povos nativos, fazendo com que o processo de desenvolvimento não modifique seus valores culturais, que devem ser preservados e valorizados (IGNACY SACHS (1995, apud FERNANDES, 2015 p. 3).

Para avaliar a sustentabilidade em um determinado local, faz-se necessária a reunião de diferentes informações que possam traduzir a realidade que se encontra. Para tanto, os indicadores apresentam-se como importantes ferramentas de avaliação, desde que sejam relacionados aos conceitos e princípios de sustentabilidade (MIRANDA e TEIXEIRA, 2004).

Nesse contexto, o processo de sustentabilidade surge por meio das diversas atividades humanas. A sustentabilidade tornou-se não mais retórica ambientalista, mas, sim, uma realidade presente no dia a dia de muitos âmbitos institucionais, como as incorporações de metodologias que vêm sendo aplicadas ao uso de materiais reciclados para obtenção de produtos e geração de empregos por meio da inclusão social. Diante do exposto, este estudo tem como objetivo avaliar o aumento da geração de resíduos sólidos e seus aspectos socioeconômicos na região Nordeste, correlacionando-os com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS).

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para os efeitos da Norma Regulamentadora (NBR) 10 004, revisada em 2004, definem-se resíduos sólidos como:

> [...] resíduos nos estados sólido e semi-sólido [*sic*], que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004, p. 1).

De acordo com a Lei Federal n° 12 305 de 2010, em seu art. 3º, inciso XVI, resíduos sólidos são:

> [...] material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (BRASIL, 2010a, p. 11).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) foi criada para reduzir a produção de resíduos sólidos, reaproveitá-los e descartar de forma correta os que não podem ser reaproveitados. Nela se pretendia,

quando foi criada em 2010, a abolição dos "lixões" no País, sendo somente o que fosse rejeito destinado para os aterros sanitários, ou seja, somente o que não fosse passível de ser reaproveitado pela reciclagem ou compostagem, além da implantação da logística reversa, por meio da qual os municípios teriam um papel essencial para promover o descarte correto dos resíduos sólidos, mediante a responsabilização de uma inclusão social participativa (CAVALCANTI, 2014).

O Decreto nº 7404, de 2010, que regulamenta a Lei Federal nº 12 305, determina que o sistema de coleta seletiva de resíduos sólidos deve priorizar a participação das cooperativas de catadores ou outras formas de organizações de materiais recicláveis, sendo essas constituídas por pessoas de baixa renda. Além disso, os municípios, por meio dos planos municipais de gestão integrada de resíduos sólidos, juntamente com a União, devem definir programas e ações em prol de melhorias das condições de trabalhos dos cooperados.

Os catadores de materiais recicláveis apresentam-se como grandes protagonistas da indústria de reciclagem no País. Eles detêm posição fundamental na gestão de resíduos sólidos no Brasil, à medida em que sua própria existência indica a dificuldade de incluir no gerenciamento desse sistema as atividades de catação, principalmente por problemas de escala de produção combinados a dificuldades logísticas (GONÇALVES, 2009).

Esses grupos de catadores, de acordo com Gouveia (2012), vêm atuando de maneira informal ou organizada em cooperativas e, mesmo antes da definição de políticas públicas claras para a gestão de resíduos no País, vêm realizando um trabalho de grande importância ambiental; contribuindo significativamente para o retorno de diferentes materiais para o ciclo produtivo; gerando economia de energia e de matéria-prima; e evitando que diversos materiais sejam destinados a aterros.

O poder público municipal, ainda conforme a PNRS (BRASIL, 2010b), em seu art. 18, parágrafo 1°, inciso II, deverá ser responsável por implantar "a coleta seletiva com a participação de cooperativas ou outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis formadas por pessoas físicas de baixa renda".

A Constituição Federal, em seu art. 21 (BRASIL, 1988), estabelece ser competência da União "elaborar e executar planos nacionais e regionais de ordenação do território e de desenvolvimento econômico

e social". Ela determina também que a Política Urbana se desenvolva em harmonia entre entidades civis e interesses populares, de modo a garantir direitos fundamentais à moradia, aos melhores serviços públicos de saneamento básico, à saúde, entre outros, a fim de realizar a tão sonhada qualidade de vida coletiva.

Em setembro de 2015, a Organização das Nações Unidas (ONU), adotou a Agenda 2030, contemplando 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável e 169 metas que envolvem e abordam temas fundamentais (ONU, 2015). Uma das premissas para o alcance desses objetivos é o estabelecimento de parcerias institucionais de modo a sistematizar práticas e ações sustentáveis locais, dimensionando-as para soluções globais. De acordo com Fernandes (2015), a sustentabilidade é critério básico para a gestão ambiental de uma comunidade urbana, devendo a consciência ecológica e o desenvolvimento socioeconômico estarem unidos em responsabilidade múltipla.

Essa responsabilidade visa a minimizar o volume de resíduos e rejeitos gerados, bem como a reduzir os impactos causados à saúde humana e à qualidade ambiental decorrentes do ciclo de vida dos produtos. Além disso, objetiva reduzir o desperdício de materiais e a poluição e promover o reaproveitamento de resíduos sólidos. Objetiva também incentivar a responsabilidade socioambiental e a utilização de insumos de menor agressividade ao meio ambiente e de maior sustentabilidade, bem como estimular o desenvolvimento de mercado, a produção e o consumo de produtos derivados de materiais reciclados e recicláveis (MACÊDO E ROHLFS, 2012).

3. METODOLOGIA

O presente estudo caracteriza-se como exploratório, por proporcionar, segundo Gil (1998, p.45), "maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explicito", e descritivo, por apresentar "a descrição das características de determinada população ou fenômeno" em estudo. Em se tratando da abordagem de análise, a pesquisa pode ser considerada como de ordem quali-quantitativa. Os dados da pesquisa foram obtidos por meio de revisão bibliográfica e consulta ao Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2017, disponibilizado pela Associação Brasileira de Empresas Pública e Resíduos Especiais (Abrelpe).

Nesse documento, foram avaliadas informações acerca das análises dos dados do diagnóstico de resíduos sólidos da Abrelpe, tais como quantidade de resíduos sólidos gerados na região Nordeste; quantidade de municípios com iniciativas de coleta seletiva; empregos diretos gerados pelo setor de limpeza urbana; e mercado de limpeza urbana.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A região Nordeste apresenta diversas características naturais de bastante importância. Ela é dividida em sub-regiões, a saber: Zona da Mata, Meio-Norte, Agreste e Sertão. De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2015), o cenário econômico da região Nordeste vem sendo um dos mais importantes nos últimos anos, respondendo por 14,2% do Produto Interno Bruto (PIB) nacional.

A questão do êxodo rural e o processo de urbanização começaram a ganhar forças no ano de 1980. Naquele ano, o cenário econômico encontrava-se um pouco defasado devido à crise que assolava o Brasil com o final da ditadura e a volta da democracia. O êxodo rural contribuiu para a urbanização do Brasil. As pessoas passaram a buscar por novas oportunidades na "cidade grande" devido ao aparecimento de novas tecnologias com o processo de urbanização (ALVES et al., 2011). A Tabela 1 demonstra o aumento demográfico da população do Nordeste entre os anos de 1960 e 2010.

Tabela 1. População nos Censos Demográficos da região Nordeste 1960/2010.

Região Nordeste	1960	1970	1980	1991	2000	2010
Área urbana	7.680.681	11.980.937	17.959.640	25.753.355	32.929.318	38.821.246
Zona rural	14.748.192	16.694.173	17.459.516	16.716.870	14.763.935	14.260.704

Fonte: IBGE, Censo Demográfico 1960, 1970, 1980, 1991, 2000 e 2010.

O aumento dos problemas associados aos resíduos sólidos é ocasionado, em geral, pelo processo de urbanização, pelo aumento popula-

cional e pelo processo de industrialização. Segundo Besen et al. (2010), a quantidade de resíduos sólidos gerada está diretamente relacionada ao consumo e à concentração urbana. O Gráfico 1 demonstra a quantidade de resíduos sólidos gerada na região Nordeste nos anos de 2016 e 2017.

Gráfico 1. Quantidade de RSU gerados na região nordeste (t/dia).

Fonte: Pesquisa ABRELPE/IBGE, 2017.

De acordo com dados da Abrelpe (2017), a geração *per capita* de Resíduos Sólidos Urbanos na região Nordeste, foi de 0,967 kg/hab/dia no ano de 2016 e 0,969 kg/hab/dia no ano de 2017. O consumo cresce devido a melhorias nas condições socioeconômicas, à inovação tecnológica, a estímulos de campanhas publicitárias e a padrões de consumo adotados pela sociedade. Já a concentração urbana é um fenômeno global, que acontece desde o século passado e faz com que as cidades cresçam em detrimento das zonas rurais (BESEN et al., 2010).

Isso pode ser verificado pelo aumento na quantidade de RSU coletados em 2017 na região Nordeste em relação ao ano anterior, como disposto na Tabela 2.

Tabela 2. Quantitativo de RSU coletados na região Nordeste

Ano	2016	2017
Quantidade (t/dia)	43.555	43.871

Fonte: Pesquisa ABRELPE/IBGE, 2017.

De acordo com Lopes (2006), os resíduos sólidos produzidos em um país são um indicador importante de desenvolvimento econômico, uma vez que quanto maior o poder aquisitivo das pessoas, maior o consumo e consequentemente mais resíduos são produzidos.

A geração *per capita* de RSU no Brasil entre 2016 e 2017 aumentou de 1,032 kg/hab/dia para 1,035 kg/hab/dia (ABRELPE, 2017). Para Fernandes (2015), fatores socioeconômicos agravantes do desequilíbrio ambiental aparecem sob a forma de disparidade social, desemprego, miséria. Doutro lado, têm-se as classes mais abastadas financeiramente, com a prática de consumismo inconsequente de produtos industrializados, a causar escassez de matéria-prima e enormes porções de resíduos sólidos urbanos. Dessa forma, a preocupação com a redução de resíduos presente na lei é conveniente, pois cada vez os indivíduos brasileiros estão consumindo mais produtos e, portanto, gerando mais resíduos.

No entanto, o aumento da quantidade de resíduos sólidos urbanos demonstrou um aspecto socioeconômico positivo, uma vez que possibilitou um aumento significativo de empregos diretos gerados pelo setor de limpeza urbana na região Nordeste. A Tabela 3 apresenta a quantidade de empregos diretos gerados pelo setor de limpeza urbana no Nordeste.

Tabela 3. Quantitativo de empregos diretos pelo setor de limpeza urbana na região nordeste

Empregos	**Região Nordeste**	
	2016	**2017**
Públicos	34.101	34.616
Privados	59.753	60.388
Total	**93.854**	**95.004**

Fonte: Pesquisa ABRELPE/IBGE, 2017.

De acordo com a PNRS, a implantação da coleta seletiva é obrigação dos municípios e metas referentes a ela fazem parte do conteúdo mínimo que deve constar nos planos de gestão integrada de resíduos sólidos de cada município. A quantidade de municípios com iniciativas de coleta seletiva na região Nordeste foi de 1794 no ano de 2017 (ABRELPE, 2017). Estes, cientes de suas responsabilidades ao nível ético e socioambiental, vêm partindo do pressuposto de que necessitam estabelecer uma inclusão social participativa de indivíduos que muitas vezes são marginalizados pela sociedade. Tais ações possibilitaram uma redução dos gastos públicos como uma solução real a partir da organização de cooperativas de catadores, de modo a gerar uma inclusão social participativa através da reciclagem de resíduos sólidos e também de uma melhoria das condições de trabalho (BELINI et al., 2005). As cooperativas apresentam-se não só como solução para o problema da destinação final dos resíduos sólidos gerados, mas também como forma de geração de emprego e renda.

De acordo com (SANTOS, 2011, apud RODRIGUES et al., 2015), a organização de catadores em cooperativas possibilita a valorização e profissionalização do trabalho do catador, a inclusão social e o resgate da cidadania, bem como a retirada dos catadores dos lixões e aterros. A maioria desses catadores são pessoas vítimas da desigualdade social, que apresentam baixa escolaridade e sofrem de problemas psicológicos ou decorrentes de uso de drogas ilícitas e álcool, ou são advindos de sistemas penitenciários, clínicas de reabilitação, entre outros; são pessoas que têm dificuldade para encontrar outro meio de sobrevivência (SLIVINIK et al.,2011, apud RODRIGUES et al., 2015).

Enquanto a coleta seletiva é uma obrigação dos titulares dos serviços de manejo de resíduos sólidos, ou seja, do poder público, a logística reversa é uma obrigação principalmente do setor empresarial, pois, em geral, diz respeito à coleta de resíduos perigosos.

Em novembro de 2015, o Governo Federal assinou com representantes do setor empresarial e dos catadores de materiais recicláveis o acordo setorial para a logística reversa de embalagens em geral. Esse acordo visa cumprir metas anuais progressivas de reciclagem destas embalagens (materiais recicláveis). O Movimento Nacional de Catadores de Materiais Recicláveis (MNCR) é um exemplo de atividade coletiva que ganha forte expressão na dimensão social, econômica e

ambiental. Esse movimento prevê um protagonismo de sua classe mediante diversas articulações para possibilitar a participação de todos os catadores.

As organizações em cooperativas e associações de catadores foram reforçadas pelo Fórum Social Mundial de 2001, realizado em Porto Alegre, no Rio Grande do Sul, sobretudo pelas iniciativas relacionadas à economia solidária. Desde então, incubadoras e prefeituras passaram a incentivar a formação de cooperativas de reciclagem com inclusão de catadoras e catadores, impulsionando ainda o fechamento dos lixões como política ambiental e a contratação de catadores de material reciclável pelo trabalho de limpeza urbana que realizam nos municípios (BURGOS, 2008).

O ODS 8 prevê a promoção do crescimento sustentado, incluso e sustentável, o emprego pleno e produtivo, e o trabalho decente para todos. Já o ODS 10 prevê reduzir a desigualdade social dentro dos países por meio de políticas inclusivas. Esses objetivos estão inteiramente correlacionados com os princípios e estratégias coordenadas para promoção da dignidade humana e enfrentamento da degradação ambiental por meio da inclusão social participativa.

5. CONCLUSÕES

Os resultados encontrados confirmaram correlação significativa entre a geração de resíduos sólidos e seus reflexos no desenvolvimento socioeconômico na região Nordeste, tendo como base dois dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável: o objetivo 8, que visa ao emprego digno e ao crescimento econômico, e o objetivo 10, que propõe a redução das desigualdades sociais.

O crescimento demográfico concorre como mais um fator determinante no sentido de produção de resíduos sólidos gerados, uma vez que pode estar associado ao consumo e desperdício de certos produtos. No entanto, o aumento de resíduos sólidos no Nordeste refletiu de forma significativa na geração de empregos diretos pelo setor de limpeza pública urbana.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004:** Resíduos Sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**, 2017. Disponível em: <http://www.abrelpe.org.br/panorama_apresentacao.cfm>. Acesso em 22 out. 2018.

ALVES, E.; SOUZA, G. R.; DANIELA, P. Êxodo rural e sua contribuição à urbanização. **Revista de Política Agrícola**, v. 2, p. 80-88, 2011.

BELINI, L.; NASCIMENTO, N.; MELO, G, M. Geração de Trabalho, renda e o desafio ambiental na gestão dos resíduos sólidos no município de São Paulo. Disponível em: < http://sites.poli.usp.br/p/augusto.neiva/nesol/Publicacoes/Anais%20%20Grava%C3%A7%C3%A3o/arquivos%20III%20Encontro/Tra-8.htm>. Acesso em 22 out 2018.

BESEN, G. R.; GÜNTHER, W. M. R.; RODRIGUEZ, A. C.; BRASIL, A. L. Resíduos sólidos: vulnerabilidades e perspectivas. In: SALDIVA P. et al. **Meio Ambiente e Saúde**: o desafio das metrópoles, Editora Ex Libris, 200 p, São Paulo, 2010.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil.** Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, p. 292, 1988.

BRASIL. Decreto n. 7.404, de 23 de dezembro de 2010. **Regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa. 2010a.

BRASIL. Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 2010b.

BURGOS, R. **Periferias urbanas da metrópole de São Paulo:** territórios da base da indústria de reciclagem no urbano periférico. 2008. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

CAVALCANTI, H. **Entenda o Plano Nacional de Resíduos Sólidos, Rede Brasil Atual**, 2014. Disponível em: < https://www.redebrasilatual.com.br/ambiente/2014/08/entenda-o-plano-nacional-de-residuos--solidos-n-9118.html> . Acesso em: 23 out. 2018.

DEMAJOROVICK, J.; LIMA, M. **Cadeia de reciclagem:** um olhar para os catadores. São Paulo: Edições SESC SP, 2013.

FERNANDES, D. R. **Gestão de resíduos sólidos: desafios e perspectivas para a sustentabilidade em área urbana.** Boletim Governet de Administração Pública e Gestão Municipal, v. 5, p. 458-458, 2015.

FERRARI, M.V.D.; LUZ, M. L. A.; ZANETI, I. C. B. B.; SOARES, P. M.; TAVARES, D. V. Desafios à gestão de resíduos em IES pública - estudo de caso na Universidade de Brasília - Campus Darcy Ribeiro. In: II Encontro Latinoamericano de Universidades Sustentáveis, 2015, Porto Alegre. **Anais do II Encontro Latino Americano de Universidades Sustentáveis.** Porto Alegre: Escola de Administração da UFRGS, 2015.

GIL, Antonio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1998.

GONÇALVES, D. S.L.F. **Catadores: uma perspectiva de sua inserção no campo da indústria de reciclagem.** São Paulo: Universidade de São Paulo; 2009.

GOUVEIA, N. Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. **Ciência e Saúde Coletiva**, v. 17, p. 1503-1510, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRÁFIA E ESTATISTICA – IBGE. **Sistemas de Cotas Regionais: Brasil 2015.** Disponível em:< https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101307_informativo.pdf>. Acesso em: 23 out. 2018. 2015.

IPEA. **Apenas 13% dos resíduos sólidos urbanos no país vão para reciclagem**, 2017. Disponível em:< http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=29296:apenas-13-dos-residuos-urbanos-no-pais-vao-para-reciclagem&catid=1:dirur&directory=1>. Acesso em: 23 out. 2018.

LOPES, L. **Gestão e Gerenciamento Integrados dos Resíduos Sólidos Urbanos – Alternativas para pequenos municípios.** Dissertação de Mestrado. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006.

MACÊDO, M. L. S.; ROHLFS, D. B. **Responsabilidade Compartilhada, Logística Reversa e cadeias com obrigatoriedade imediata no âmbito da Política Nacional de Resíduos Sólidos.** 2012. Disponível em: http://www.cpgls.pucgoias.edu.br/8mostra/Artigos/SAUDE%20E%20BIOLOGICAS/Responsabilidade%20Compartilhada,%20Log%C3%ADstica%20Reversa.pdf. Acesso em nov 2018.

MIRANDA, A.B.; TEIXEIRA, B.A.N. Indicadores para o monitoramento da sustentabilidade em Sistemas Urbanos de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 9, n. 4, p. 269-279, 2004.

ONU. **Objetivos do Desenvolvimento Sustentável**, 2015. Disponível em:< https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>. Acesso em: 23 out. 2018.

RODRIGUES, G. L.; FEITOSA, M. J. S.; SILVA, G. F. L. Cooperativas de Reciclagem de Resíduos Sólidos e seus Benefícios Socioambientais: Um Estudo na Coopecamarest em Serra Talhada - PE. **Revista Metropolitana de Sustentabilidade**, v. 5, p. 18-38, 2015.

SANTOS, Z. **Coleta seletiva e responsabilidade social: o caso da cooperativa de reciclagem trabalho e produção – Cortrap, em Brasília.** Monografia. Brasília, DF, Brasil. 2011. Recuperado em 16 julho, 2013, de HTTP://bd.camera.gov.br/bd/handle/bdcamara/6565

SLIVINIK, A.; FALVO, J. F.; SATO N. K. **Cooperativa de manejo de resíduos sólidos urbanos: apontamentos para uma política de geração de trabalho e de renda.** *ABET*- Eletrônica, 11(1), 98-113, 2011. Recuperado em 13 março, 2014, de http://periodicos.ufpb.br/ojs2/index.php.abet/article/view/15594/8908

1.5 PANORAMA DA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NA UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO (CAMPUS RECIFE)

NASCIMENTO, Valéria de Brito
Graduanda
Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal de Pernambuco (DEQ/UFPE)
valeriabrito1995@gmail.com

SILVA, Mirella Santana
Graduanda
Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal de Pernambuco (DEQ/UFPE)
mirella.santtana@hotmail.com

PACHECO, Ana Paula Lima
Doutora
Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal de Pernambuco (DEQ/UFPE)
apclima@gmail.com

RESUMO

O Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei nº 12.305 de 2010, estabeleceu que a responsabilidade pelo ciclo de vida dos produtos deve ser compartilhada pelos fabricantes, importadores, comerciantes e consumidores, pois todos são corresponsáveis pela destinação ambientalmente adequada dos resíduos. Visando entender como está sendo aplicada a Gestão de Resíduos Sólidos na Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), foi observado o panorama dos seguintes resíduos sólidos gerados na UFPE: óleo, pilhas, baterias, medicamentos, de serviços de saúde (RSS) e rejeitos (lixo). Foram utilizados os mapas de gestão de resíduos do *site* da UFPE, e avaliados todos os centros do Campus Recife. Observou-se *in loco* a padronização dos recipientes de disposição dos resíduos (lixeiras); a existência de informes orientativos devidamente afixados; a disponibilização de sacos para disposição de resíduos nas cores adequadas; o treinamento do grupo de funcionários dos setores; e a presença de casas coletoras para resíduos e rejeitos. Foi observado que para o óleo, pilhas, baterias e medicamentos, existem um padrão e instruções bem organizadas e de fácil compreensão. A padronização das lixeiras, a presença de cartazes e o treinamento dos servidores ainda necessitam de alguns ajustes para que se possa segregar os resíduos recicláveis dos rejeitos e os mapas sobre Gestão de Resíduos precisam de ajustes e atualizações.

PALAVRAS-CHAVE: Preservação, Sustentabilidade, Educação ambiental.

1. INTRODUÇÃO

Desde 2010, o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), constituído pela Lei nº 12 305, estabeleceu instrumentos para a evolução da gestão de resíduos no Brasil por meio de um conjunto de objetivos, diretrizes, metas e ações adotados pelo Governo Federal e/ou em regime de cooperação com Estados, Distrito Federal e Municípios. A lei define a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, sendo fabricantes, importadores, comerciantes e consumidores corresponsáveis pela destinação ambientalmente adequada dos resíduos. Esta lei, de 2 de agosto de 2010, instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos, dispondo sobre seus princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos; às responsabilidades dos geradores e do poder público; e aos instrumentos econômicos aplicáveis (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2018).

O Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil de 2016 mostra que 3326 municípios brasileiros destinam seus resíduos sólidos urbanos (RSU) e rurais, para locais impróprios. Isso equivale a 59,7% dos municípios. Está registrado que 76,5 milhões de pessoas sofrem os impactos negativos causados pela destinação inadequada dos resíduos: em 2016, observou-se que cerca de sete milhões de toneladas de RS/ano não são coletados ou têm destinação inadequada. Esse cenário resulta em um avassalador prejuízo à saúde de mais de 96 milhões de pessoas em todas as regiões do País (ABRELPE, 2016).

Na Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) existe uma política de sustentabilidade que está sendo inserida pela Diretoria de Gestão Ambiental (DGA), que tem como objetivo estimular práticas de gestão ambiental nas atividades acadêmicas e administrativas dos *campi*. Sendo assim, desde 2012, a DGA vem buscando cumprir algumas atribuições como, por exemplo, coletar e dar o destino correto ao rejeito recolhido dos prédios e espaços da Universidade, além de identificar e propor soluções para o tratamento de resíduos diversos (DGA, 2018).

A gestão de resíduos oferecida pela DGA é subdividida em sete categorias para descarte. Para cada categoria é disponibilizado um manual que visa mostrar a forma de armazenamento correto e a destinação adequada que deve ser feita. As nove categorias são: Resíduos

Recicláveis; Resíduos Infectantes; Resíduos Químicos; Pilhas e Baterias; Cartuchos e toners; Óleo de fritura; Vidraria contaminada; Lâmpadas; e Medicamentos.

Atendendo à PNRS, os Resíduos Recicláveis gerados na UFPE são segregados e retirados de maneira consciente por meio do sistema de coleta seletiva e sua destinação final cumpre o esperado pela lei. A coleta desses materiais é feita diariamente pelos serventes, que separam em sacos azuis o material que é reciclável e o armazenam em casas coletoras para que, semanalmente, uma nova coleta seja feita por uma cooperativa, garantindo assim que o resíduo gerado tenha sua destinação correta. Além disso, a DGA vem desenvolvendo ações para a gestão dos resíduos gerados na instituição através do projeto de sustentabilidade UFPE Coopera, que visa implantar diversas ações ambientais voltadas para a comunidade acadêmica. (XAVIER et. al., 2018b)

Refletindo sobre o art. 225 da Constituição Federal (BRASIL, 1988), que diz que "Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações", e querendo compreender como estão sendo gerido os resíduos gerados na UFPE, os alunos da disciplina de Gestão de Resíduos Químicos, do curso de Química Industrial, consideraram de suma importância avaliar como está sendo feita a gestão de resíduos no *campus* Recife, objetivando delinear o panorama deste serviço de ampla importância ambiental.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Segundo o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas - Sebrae (2012), o vocábulo lixo não é mais adequado para conceituar os resíduos oriundos de residências, empresas e entidades governamentais. A palavra lixo deve ser substituída por "resíduo sólido". Atualmente, os especialistas afirmam que, de forma geral, não importa qual seja o resíduo, há destinações mais adequadas que o descarte. O resíduo gerado de alguma maneira poderá dar algum retorno e, em alguns casos, esse retorno vem na forma de dinheiro, gerando lucro e criando uma possível fonte de renda. A natureza é quem determina qual a razão entre a quantidade de recursos naturais empregados e o volume de re-

síduos que pode retornar à natureza. De maneira trivial, denominamos de lixo aquilo que consideramos como inútil ou desprezível. Sabemos que tudo que se origina da natureza de alguma forma irá retornar para a mesma em algum momento. Contudo, a velocidade da geração de resíduos tem-se mostrado muito superior à velocidade de regeneração dos recursos naturais. O amontoado de resíduos aglomerados nos aterros a céu aberto gera líquidos contaminantes do solo e da água, além de originar gases nocivos tanto à saúde humana quanto ao meio ambiente. Boa parte do efeito estufa é causada justamente por esses gases.

No que abrange as políticas públicas nacionais, há um abismo entre as mais importantes jurisdições elaboradoras de regras e diretrizes de impacto nacional e as jurisdições executoras. Esse afastamento é intensificado pela complexidade em gerir com eficácia os diversos órgãos do governo, e isso se manifesta na difícil integração de políticas tanto entre os diferentes graus do governo quanto em esferas próximas, complementares entre si. Os problemas de gerenciamento se intensificam impactando toda uma região: uma metrópole, por exemplo. Diversos estudos destacam os problemas de integração de políticas nas metrópoles, onde prevalecem os interesses municipais em detrimento dos regionais (GARSON, 2009; COSTA e TSUKUMO, 2013; KLINK, 2009).

A PNRS visa garantir a destinação ambientalmente adequada dos resíduos sólidos gerados por todas as atividades humanas em escala nacional. A lei estabelece instrumentos, diretrizes, metas e ações a serem empregados pelo Governo Federal para atingir esse fim, de modo isolado ou em associação com estados, municípios e empresas (SEBRAE, 2012).

O conceito de serviço público de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos no Brasil foi determinado pela Política Nacional de Saneamento Básico (PNSB), idealizada pela Lei nº 11 445, de 2007, conforme segue:

> Art. 3° Para os efeitos desta Lei, considera-se: Art. 2° Inciso I Letra c) limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos: constituídos pelas atividades, pela infraestrutura e pelas instalações operacionais de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destino final dos resíduos sólidos domiciliares e dos resíduos de limpeza urbanas (BRASIL, 2007).

O art. 7° dessa lei especifica quais as tarefas incluídas nesse serviço:

> Art. 7° Para os efeitos desta Lei, o serviço público de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos urbanos é composto pelas seguintes atividades:
> I – de coleta, transbordo e transporte dos resíduos relacionados na alínea "c" do inciso I do *caput* do art. 2º; II – de triagem, para fins de reuso ou reciclagem, de tratamento, inclusive por compostagem, e de disposição final dos resíduos relacionados na alínea "c" do inciso I do *caput* do art. 2º; III – de varrição, capina e poda de árvores em vias e logradouros públicos e outros eventuais serviços pertinentes à limpeza pública urbana (BRASIL, 2007).

De acordo com a PNRS, a implantação da coleta seletiva, que é obrigação dos municípios, e as metas referentes à coleta seletiva fazem parte do conteúdo mínimo que deve constar nos planos de gestão integrada de resíduos sólidos dos municípios. Coleta seletiva é a coleta diferenciada de resíduos previamente separados segundo a sua constituição ou composição. Ou seja, resíduos com características similares são selecionados pelo gerador (que pode ser o cidadão, uma empresa ou outra instituição) e disponibilizados para a coleta separadamente.

O tratamento de resíduos sólidos consiste em um conjunto de métodos, operações e uso de tecnologias apropriadas, aplicáveis aos resíduos, desde a sua produção até o destino final, com o objetivo de mitigar o impacto negativo sobre a saúde humana e o meio ambiente e transformá-los em um fator de geração de renda, como a produção de matéria-prima secundária. Cada tipo de resíduo tem um processo próprio de reciclagem (PRS, 2013). À medida em que vários tipos de resíduos sólidos são misturados, a reciclagem se torna mais cara ou mesmo inviável, pela dificuldade de separá-los de acordo com sua constituição ou composição. As formas mais comuns de coleta seletiva hoje existentes no Brasil são a coleta porta-a-porta e a coleta por Pontos de Entrega Voluntária (PEVs).

Os resíduos de fontes especiais de serviço de saúde (RSS), gerados por qualquer atividade de natureza médico assistencial humana ou animal, clínicas odontológicas, veterinárias, farmácias, centros de

pesquisa, farmacologia e saúde, medicamentos vencidos, necrotérios, funerárias, medicina legal e barreiras sanitárias, são parte importante do total de RSU, não necessariamente pela quantidade gerada (cerca de 1% a 3% do total), mas pelo potencial de risco que representam à saúde e ao meio ambiente. Informações contidas no PNRS sobre os RSS indicam que os estabelecimentos de serviços de saúde são os responsáveis pelo correto gerenciamento de todos os RSS por eles gerados, cabendo aos órgãos públicos, dentro de suas competências, a gestão, regulamentação e fiscalização. Considera-se resíduo infectante, por exemplo, a mistura de microrganismo e meios de cultura, sobras de amostras contendo sangue ou quaisquer líquidos corpóreos, recipientes e resíduos contaminados ou não com microrganismos, tais como: luvas, seringas, bolsas de sangue e plasma (AMBIENTEC, 2018).

De acordo com a Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) nº 306, de 2004, e com a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) nº 358, de 2005, os RSS são classificados em cinco grupos: A, B, C, D e E, conforme segue:

- Grupo A - engloba os componentes com possível presença de agentes biológicos que, por suas características de maior virulência ou concentração, podem apresentar risco de infecção. Exemplos: placas e lâminas de laboratório, carcaças, peças anatômicas (membros), tecidos, bolsas transfusionais contendo sangue, entre outras.
- Grupo B - contém substâncias químicas que podem apresentar risco à saúde pública ou ao meio ambiente, dependendo de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade e toxicidade. Exemplos: medicamentos apreendidos, reagentes de laboratório, resíduos contendo metais pesados, entre outros.
- Grupo C - quaisquer materiais resultantes de atividades humanas que contenham radionuclídeos em quantidades superiores aos limites de eliminação especificados nas normas da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), como, por exemplo, serviços de medicina nuclear e radioterapia.

- Grupo D - não apresentam risco biológico, químico ou radiológico à saúde ou ao meio ambiente, podendo ser equiparados aos resíduos domiciliares. Exemplos: sobras de alimentos e do preparo de alimentos, resíduos das áreas administrativas, etc.
- Grupo E - materiais perfurocortantes ou escarificantes, tais como lâminas de barbear, agulhas, ampolas de vidro, pontas diamantadas, lâminas de bisturi, lancetas, espátulas e outros similares (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2005a, p.7-10; AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2004, p. 3)

A Resolução nº 275 do Conama, de 25 de abril de 2001, estabelece que a reciclagem de resíduos deve ser incentivada, facilitada e expandida no País, para reduzir o consumo de matérias-primas, recursos naturais não-renováveis, energia e água, e as campanhas de educação ambiental são peças-chaves para essa prática (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2001). No Brasil, são poucas as ações e as políticas públicas de coleta e conscientização. A iniciativa privada também se mobiliza com pouca frequência. A falta de postos de coleta e de programas que recolham o óleo reciclável desestimula a população, que continua a usar os destinos incorretos para o produto.

A Resolução nº 362 do Conama, de 23 de junho de 2005, dispõe sobre o recolhimento, coleta e destinação final de óleo lubrificante usado ou contaminado. Em seu texto, considera para o óleo lubrificante as seguintes características: deterioração parcial; classificação como resíduo perigoso pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (2004), por apresentar toxicidade; que seu descarte para o solo ou cursos de água gera graves danos ambientais; que sua combustão gera gases residuais nocivos ao meio ambiente e à saúde pública; que a categoria de processos tecnológico-industriais chamada genericamente de rerrefino corresponde ao método ambientalmente mais seguro para a reciclagem do óleo lubrificante usado ou contaminado, e, portanto, à melhor alternativa de gestão ambiental deste tipo de resíduo; que há necessidade de estabelecer novas diretrizes para o recolhimento e a destinação de óleo lubrificante usado ou contaminado. Sendo assim, tal resolução resolve estabelecer normas de recolhimento, coleta e destinação final, como mostra em seu art. 1º, citado a seguir.

> Todo óleo lubrificante usado ou contaminado deverá ser recolhido, coletado e ter destinação final, de modo que não afete negativamente o meio ambiente e propicie a máxima recuperação dos constituintes nele contidos, na forma prevista nesta Resolução (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2005b, p.662).

Tramita, no Congresso Federal, desde 2007, o projeto de lei que dispõe sobre a obrigação dos postos de gasolina, hipermercados, empresas vendedoras ou distribuidoras de óleo de cozinha e estabelecimentos similares, de manter estruturas destinadas à coleta de óleo de cozinha usado e dá outras providências; a obrigação das empresas produtoras de óleo de cozinha de informar em seus rótulos sobre a possibilidade de reciclagem do produto e de manter estruturas adequadas para a coleta de óleo dispensado; e a obrigatoriedade de inserção de mensagem, no rótulo das embalagens de óleos vegetais, contendo advertência sobre a destinação correta do produto após o uso.

No Brasil, cada família descarta mensalmente, em média, 1 L de óleo. Considerando que 99% deste volume de óleo é despejado, de forma indevida, na pia da cozinha e apenas 1% desse óleo de cozinha é reciclado, observa-se um prejuízo ambiental muito grande (RABELO e FERREIRA, 2008; REIS et al., 2007; SABESP, 2011). O descarte incorreto de resíduos de óleo de cozinha tem um efeito semelhante ao do petróleo quando despejado nos ecossistemas aquáticos. O óleo de cozinha forma uma camada impermeabilizante na superfície da água, matando as algas que oxigenam o meio. Sendo assim, toda a fauna e flora ficam ameaçadas. Nos solos, os óleos residuais de cozinha impermeabilizam a terra, evitando a renovação dos lençóis freáticos. Segundo Castellanelli et al. (2007 apud PITTA JUNIOR, et al. 2009, p.31), quando despejado diretamente nas redes de esgoto, o óleo de cozinha se aloja nas paredes das tubulações, entupindo-as. Em um efeito cascata, isso aumenta os custos com a manutenção das estações de tratamento. Descartado no ambiente, o óleo acaba sendo decomposto por bactérias presentes no solo ou na água, em um processo muito lento. O resultado é a emissão do gás metano, um dos principais causadores do efeito estufa. A destruição pelo fogo do óleo requer altas temperaturas e tratamento específicos dos gases de combustão. Se isso for feito em

más condições, gera substâncias tóxicas na atmosfera. Quando as temperaturas de combustão são muito baixas, substâncias cancerígenas são liberadas. A reciclagem de óleo de cozinha reduz em até 95% dos custos com a matéria-prima e ajuda na preservação ambiental. (CASTELLANELLI et al., 2007; PITTA JUNIOR, et al. 2009; REIS et al., 2007; XAVIER et al., 2018c)

A Norma Brasileira (NBR) nº 7039 da ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1987) estabelece várias definições para pilhas e baterias, enquanto a Resolução nº 257, de 30 de junho de 1999, do Conama, ressalta que devido aos impactos negativos causados ao meio ambiente pelo descarte inadequado de pilhas e baterias usadas, há a necessidade de disciplinar o descarte e o gerenciamento ambientalmente adequados destes materiais usados, com relação à coleta, reutilização, reciclagem, tratamento ou disposição final. Sua destinação inadequada contamina o ambiente, necessitando, devido às suas necessidades, de procedimentos especiais ou diferenciados. Sendo assim, a Resolução nº 257 do Conama resolve no seu art. 1º e no parágrafo único:

> As pilhas e baterias que contenham em suas composições chumbo, cádmio, mercúrio e seus compostos, necessárias ao funcionamento de quaisquer tipos de aparelhos, veículos ou sistemas, móveis ou fixos, bem como os produtos eletroeletrônicos que as contenham integradas em sua estrutura de forma não substituível, após seu esgotamento energético, serão entregues pelos usuários aos estabelecimentos que as comercializam ou à rede de assistência técnica autorizada pelas respectivas indústrias, para repasse aos fabricantes ou importadores, para que estes adotem, diretamente ou por meio de terceiros, os procedimentos de reutilização, reciclagem, tratamento ou do Parágrafo Único.
>
> Parágrafo Único. As baterias industriais constituídas de chumbo, cádmio e seus compostos, destinadas a telecomunicações, usinas elétricas, sistemas ininterruptos de fornecimento de energia, alarme, segurança, movimentação de cargas ou pessoas, partida de motores diesel e uso geral industrial, após seu esgotamento energético, deverão ser entregues pelo usuário ao fabricante ou ao importador ou ao

> distribuidor da bateria, observado o mesmo sistema químico, para os procedimentos referidos no caput deste artigo (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 1999, p.1).

As pilhas e baterias recebidas na forma do artigo anterior devem ser acondicionadas adequadamente e armazenadas de forma segregada, obedecendo às normas ambientais e de saúde pública pertinentes, bem como às recomendações definidas pelos fabricantes ou importadores, até o seu repasse a estes últimos (XAVIER et al., 2018d). Dentre outras orientações, ficam proibidas as seguintes formas de destinação final de pilhas e baterias usadas de quaisquer tipos ou características, conforme descrito no art. 8º da Resolução do Conama nº 257, de 1999:

> I - lançamento *in natura* a céu aberto, tanto em áreas urbanas como rurais; II - queima a céu aberto ou em recipientes, instalações ou equipamentos não adequados, conforme legislação vigente; III - lançamento em corpos d'água, praias, manguezais, terrenos baldios, poços ou cacimbas, cavidades subterrâneas, em redes de drenagem de águas pluviais, esgotos, eletricidade ou telefone, mesmo que abandonadas, ou em áreas sujeitas à inundação (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 1999, p.3).

O art. 14, parágrafo único, da Resolução do Conama nº 257 orienta que na impossibilidade de reutilização ou reciclagem das pilhas e baterias descritas no art. 1º da mesa regulamentação, a destinação final por destruição térmica deverá obedecer às condições técnicas previstas na NBR 11175 da ABNT, acerca da Incineração de Resíduos Sólidos Perigosos, e os padrões de qualidade do ar estabelecidos pela Resolução do Conama nº 03, de 28 de junho de 1990.

No Brasil, a Política Nacional do Meio Ambiente, que é definida pela Lei nº 6983 de 1981, situa a educação ambiental como um dos princípios que garantem a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, e visa assegurar no País condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade humana. A educação ambiental deve ser oferecida em todos os níveis de ensino e em programas espe-

cíficos direcionados para a comunidade, visando assim a preparação de todo cidadão para uma participação da defesa do meio ambiente (MEDINA, 1997). A educação ambiental implica em aprender a ver o quadro global que cerca um problema específico, ou seja, sua história, seus valores, percepções, fatores econômicos e tecnológicos, podendo assim evitar desastres ambientais e tomar decisões viáveis em benefício de todos.

A degradação ambiental é a principal causa do desequilíbrio e está colocando em xeque não apenas a fauna e a flora, como também a nossa própria sobrevivência na Terra. Dar um novo destino àquilo que pode ser reciclado é um modo de tentar modificar este cenário avassalador, impedindo que ainda mais recursos sejam extraídos, pois além de reduzir a aglomeração de resíduos nos grandes centros urbanos ainda se aumentam os cuidados com o meio ambiente. No fim das contas, fazer uso da educação ambiental segregando corretamente é gratuito e ainda proporciona melhores condições de vida para as pessoas (PENSAMENTO VERDE, 2014).

3. METODOLOGIA

Os alunos da disciplina de Gestão de Resíduos Químicos, ofertada pelo curso de bacharelado em Química Industrial da UFPE, observaram, em setembro de 2018, a disposição dos seguintes resíduos sólidos gerados na Universidade: óleo, pilhas e baterias, medicamentos e do serviço e saúde e rejeitos (lixo). Do *site* da UFPE, utilizaram-se os dados e os mapas de gestão de resíduos (Figura 1) para determinar os centros e departamentos a serem avaliados. Foi avaliado pelo menos um departamento de cada centro do *campus* Recife. Observaram-se *in loco*: padronização dos recipientes de disposição dos resíduos (lixeiras); existência de informes orientativos devidamente afixados; sacos para disposição de resíduos nas cores adequadas (azul, preta ou branca); treinamento para o descarte seletivo; e presença de casas coletoras para resíduos e rejeitos.

Figura 1. Mapas indicadores dos locais de coletas (A) para óleos, pilhas e medicamentos; e casas de armazenamento temporário (B) de resíduos do serviço de saúde.

Fonte: site UFPE, (**A**) https://www.ufpe.br/sinfra/catalogo-de-servicos/gestao-de-residuos, Pilhas e baterias ou Óleos e frituras ou Medicamentos; e (**B**) https://www.ufpe.br/documents/1523864/1591168/Manual+Infectantes.pdf/5d8ce69d-f2fd-4beb-a0bd-80ce0e-6b139a, Manual de Resíduos Infectantes, p. 10 (Adaptado – os números)

Os departamentos visitados foram: Estatística, Física, Matemática, Química Fundamental, Ciências Farmacêuticas, Medicina Tropical, Antropologia e Museologia, Arqueologia, Ciências Geográficas, Fi-

losofia, História, Ciência Política, Psicologia, Sociologia, Engenharia Cartográfica, Engenharia Civil, Engenharia Elétrica, Eletrônica e Sistemas, Geologia, Engenharia de Minas, Energia Nuclear, Engenharia Química, Arquitetura e Urbanismo, Letras, Antibióticos, Ciências Administrativas, Economia, Hotelaria e Turismo, Serviço Social e Colégio de Aplicação.

Além desses departamentos, outros locais do *campus* e órgãos suplementares também foram visitados: Restaurante Universitário; Biblioteca Central; Biblioteca do Centro de Ciências Sociais e Aplicadas (CCSA), Hospital das Clínicas (HC); Laboratório de Imunopatologia Keizo Asami (Lika); Núcleo de Tecnologia da Informação (NTI); Área II; Núcleo Integrado de Atividades de Ensino (Niate) CCB - CCS; e Reitoria.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com relação às observações dos pontos de coleta destinados ao recolhimento de óleo, pilhas e baterias, quase todos estavam bem sinalizados e separados de forma adequada. Nas imagens superiores da Figura 2 – Coordenadoria do Ensino de Ciências do Nordeste (Cecine), CCSA e Reitoria –, pode ser visto que os recipientes de recepção dos resíduos de óleo, pilhas e baterias estão devidamente sinalizados e que existem cartazes de orientação afixados sobre os mesmos. No Centro de Artes e Comunicação (CAC) (Figura 2, imagens inferiores), observou-se que, apesar de existirem os cartazes de orientação e os recipientes estarem devidamente sinalizados, eles não estavam posicionados de forma correta. Foram dispostas mesas, cadeiras e bolsas no local onde deveriam estar os coletores, que se encontravam afastados. Em outro departamen-

to, também foi observado esse deslocamento dos recipientes de coleta da área onde foi posicionado o cartaz na parede. Aparentemente, esses poucos eventos de mau posicionamento dos recipientes são decorrentes de uma ação dos colaboradores da limpeza, que não retornaram os recipientes para o local adequado após a higienização da área. Esse tipo de problema pode ser facilmente resolvido se existirem treinamentos periódicos com os colaboradores responsáveis pelos setores.

A avaliação geral da coleta de óleo, pilhas e baterias, mostrou que esta atividade vem sendo realizada de forma eficiente. Com relação ao óleo, a DGA está conseguindo cumprir com a coleta para destiná-lo para a Biorrefinaria Experimental de Resíduos Sólidos Orgânicos (BERSO) da UFPE, localizada no Departamento de Energia Nuclear (DEN). O óleo enviado à BERSO e transformado em biodiesel, gerará energia elétrica e será utilizado nos tratores da equipe de limpeza, trazendo efetivamente resultados econômicos, sustentáveis e, por conseguinte, protegendo o meio ambiente e reduzindo os prejuízos ambientais com essa reciclagem (XAVIER et al., 2018c).

Tendo em vista que para pilhas e baterias o recolhimento vem sendo feito de forma equivalente ao do óleo, a DGA vem cumprindo a logística proposta em seu manual de pilhas, baterias, celulares e acessórios. Todo material deste tipo, que indevidamente descartado seria prejudicial ao meio ambiente, está sendo recolhido e armazenado até que seja feita a coleta pelos seus respectivos fabricantes, e sua posterior reciclagem seja efetivada dentro do que espera a lei. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1990; CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 1990; CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 1999; XAVIER et al.,2018d)

Figura 2. Recipientes de recepção dos resíduos de óleo, pilhas e baterias devidamente posicionados e sinalizados nas imagens superiores (Coordenadoria do Ensino de Ciências do Nordeste, Centro de Ciências Sociais Aplicadas e Reitoria) e indevidamente posicionados nas imagens inferiores (Centro de Artes e Comunicação).

Fonte: os autores.

Para óleo, pilhas e baterias, todos os pontos visitados, baseando-se no mapa presente na Figura 1A, estavam de acordo e foram localizados facilmente.

Na UFPE, há dois tipos de coletores: um para rejeitos (lixo) e outro para resíduos recicláveis. Cada item deve ser colocado no saco específico: rejeitos no saco preto e resíduos recicláveis no saco azul. A separação por tipo de material é feita posteriormente pelos serventes (no departamento) e colaboradores (na segregação). Para um produto ser reciclado, além de ser feito de material reciclável, é necessário ter uma

empresa que tenha o interesse em reciclar; na UFPE, alguns materiais recicláveis, como copos e pratos descartáveis e isopor, não apresentam a demanda de uma cooperativa para recolhê-los. Além disso, alguns produtos após passarem por processos industriais não podem ser reutilizados. Esses materiais não recicláveis têm como destino o lixo comum, são rejeitos (XAVIER et al., 2018b).

A DGA, por conta da inviabilização da reciclagem (PORTAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS, 2013) de alguns tipos de material com características de reciclável, elaborou cartazes orientativos para posicionar junto aos recipientes de resíduos e rejeitos. No entanto, para a maioria dos locais avaliados, esses cartazes, quando existiam, não estavam padronizados ou não estavam posicionados em locais próximos aos coletores, que, por sua vez, não apresentavam padronização; muitas vezes, existiam sacos de cores distintas (azul e preta), porém as pessoas, por desconhecerem a finalidade daquela distinção de cor, não faziam a devida separação dos resíduos e rejeitos. Considerando que cerca de 40 000 pessoas transitam pelo *campus* Recife da UFPE, a má sinalização e padronização dos coletores torna ineficaz o descarte de acordo com o esperado. A presença de cartazes e padronização seria fator relevante para melhorar este serviço. Por exemplo, no NTI, no CCSA, na Cecine, no CAC, no Centro de Educação (CE), no Departamento de Hotelaria e Turismo (DHT) e no Colégio de Aplicação, foram encontrados diversos problemas com relação aos coletores de resíduos recicláveis e rejeitos, tais como: os coletores se encontravam em local de difícil visualização; algumas vezes só foi encontrado um tipo de coletor, não possibilitando a segregação do material descartado; coletores fora do padrão; ausência de sinalização; ausência de cartaz informativo; sacos da mesma cor; etc.

Na Figura 3, podem ser observados alguns exemplos de coletores inadequados para eficiente triagem – imagens superiores: Centro de Tecnologia e Geociências (CTG), CE e Área II – e com a padronização necessária para a boa seleção de resíduos e rejeitos – imagens inferiores: Centro de Filosofia e Ciências Humanas (CFCH), Centro de Biociências (CB) e CCSA–DHT.

Figura 3. Coletores inadequados para eficiente triagem (CTG, CE e Área II) e adequados para a boa seleção de resíduos e rejeitos (imagens inferiores: CFCH, CB e CCSA–DHT).

Fonte: os autores.

No departamento de Ciências Farmacêuticas, os coletores estavam bem sinalizados e encontravam-se em locais adequados para descarte correto; o local também se destacou no que diz respeito à coleta de medicamentos, óleo de fritura, pilhas e baterias. O Niate CCB-CCS, a Reitoria, o Centro de Biociências e a Biblioteca Central apresentaram resultados positivos na gestão de resíduos. Apesar disso, algumas áreas não apresentavam boa sinalização para os materiais recicláveis, deixando as lixeiras cheias de rejeitos e resíduos inapropriados.

A falta de treinamento de pessoas que permaneçam frequentemente no *campus* (ex. serventes, professores, técnicos, alunos, etc.) também foi considerada um fator agravante para a inadequada triagem do material reciclável do lixo. Na maioria dos locais visitados, as pessoas que foram abordadas desconheciam a existência de treinamento ou o porquê de existirem sacos pretos e azuis.

De acordo com a logística estabelecida pela DGA (XAVIER et al., 2018b), a coleta deve ser feita pelos serventes do departamento, estando os sacos pretos separados dos azuis. Depois disso, esses sacos deveriam ser encaminhados para armazenamento temporário em suas respectivas casas coletoras. Com relação às casas de coleta, destinadas ao armazenamento temporário dos sacos contendo os resíduos e os rejeitos, foi observado em alguns departamentos que esse espaço temporário não está dimensionado adequadamente ou que, algumas vezes, não existe. Na Figura 4, podemos ver alguns exemplos de casas temporárias para rejeitos – Centro de Ciências da Saúde (CCS) e Departamento de Ciências Farmacêuticas – e também alguns locais onde resíduos e rejeitos são acondicionados indevidamente – CCS e NTI.

Figura 4. Exemplos de casas temporárias para rejeitos (CCS e Departamento de Ciências Farmacêuticas) e locais onde resíduos e rejeitos são acondicionados indevidamente (CCS e NTI)

Fonte: os autores.

O acondicionamento em locais indevidos pode acarretar o acúmulo de insetos, roedores e de outros animais presentes no *campus*; proliferação de bactérias; etc., dentro das áreas que são utilizadas pelos servidores e alunos da instituição. Um novo olhar deve ser direcionado pela equipe de gestão para tentar corrigir essa deficiência, que pode ser tanto estrutural, pela falta da casa de armazenamento temporário quanto por falta de treinamento do pessoal da limpeza, para que eles encaminhem os sacos com resíduos e rejeitos para seus locais adequados. Tem-se que observar que a coleta, o transporte, o tratamento e a destinação adequada ambientalmente são fases do sistema para melhor disposição final, pois é preciso segregar corretamente os componentes úteis e encaminhar o que for tóxico para empresas especializadas, reaproveitando (doando ou vendendo) o que for útil (GTECH, 2018).

Foi constatado que a UFPE segue o fluxo de cumprimento do Decreto 5940 e vem destinando seus resíduos para cooperativas de catadores selecionadas mediante edital público. Teoricamente, após o armazenamento nas casas temporárias, existe uma segregação dos resíduos, um novo armazenamento sob responsabilidade da DGA e, em seguida, a coleta semanal do material pela cooperativa que se encarrega de dar o destino adequado aos resíduos, cumprindo-se assim o que estabelece a Política Nacional de Resíduos Sólidos e garantindo a destinação ambientalmente adequada dos resíduos sólidos gerados no *campus* Recife da UFPE. Ao colaborar com a coleta seletiva, além de preservar o meio ambiente, esse processo também ajuda na geração de renda para as famílias cooperadas.

Com relação aos resíduos do serviço de saúde, foi utilizado como roteiro o mapa da Figura 1B para chegar às casas coletoras destinadas ao armazenamento provisório destes materiais. Constatou-se que não foi possível identificar as casas que deveriam estar nos locais demarcados pelos pontos 2 e 3 da Figura 1B, bem como que o abrigo central (Figura 1B, ponto 4) não está posicionado corretamente (geograficamente) neste gráfico. Sugerimos então que esse mapa, presente no *site* da UFPE (XAVIER et al., 2018a), seja reavaliado.

A logística para acondicionamento dos RSS (utilização de sacos brancos, manipulação, tratamento e transporte para as casas coletoras) se mostrou adequada, principalmente para o HC, que possui uma gestão desvinculada da DGA. A casa coletora do Centro de Ciências

da Saúde (CCS) e o abrigo central, conforme a Figura 5 (1 e 4), estavam devidamente sinalizados; no entanto, a casa próxima ao Departamento de Antibióticos estava aberta, sem identificação, cheia de sacos branco com resíduos infectantes, como pode ser visto na Figura 5 (5), além de apresentar odor de urina de rato muito forte.

Figura 5. Casas coletoras para resíduos do serviço de saúde, na UFPE.

Fonte: os autores.

Com esse levantamento, foi observado que a UFPE, por meio da DGA, vem desenvolvendo ações para a melhoria da gestão desses resíduos e atendendo à PNRS e à legislação sanitária vigente, Resolução RDC da Anvisa nº 306, de 07 de dezembro de 2004, e Resolução do Conama nº 358, de 29 de abril de 2005. Essas ações se estendem para

todos os resíduos geridos pela UFPE, porém necessitam de ajustes e de divulgações por cursos, atualizações e cartazes.

5. CONCLUSÕES

Para óleo, pilhas, baterias e medicamentos, existem um padrão e instruções bem organizadas e de fácil compreensão para o descarte adequado. No que diz respeito aos RSS, no que cabe ao Hospital das Clínicas, o material está sendo gerido de forma exemplar; no entanto para algumas áreas da UFPE, ajustes são necessários. Para os resíduos recicláveis, existe muito trabalho a ser executado, com relação à padronização e à orientação da população (alunos, professores, técnicos, serventes, etc.) que frequenta o *campus* Recife da UFPE, para que se possa segregar de forma aceitável os resíduos recicláveis dos rejeitos. Os mapas e informes de Gestão de Resíduos, presentes no site da UFPE, precisam de ajustes e atualizações.

Diante do exposto, foi possível observar que a Gestão de Resíduos na UFPE, desenvolvida pela DGA, apresenta falhas no que diz respeito à sinalização dos depósitos de resíduos, o que causa a má assimilação de onde devem ser descartados certos tipos de materiais. Podem ser sugeridos para a resolução deste problema cursos para capacitação dos profissionais de limpeza e treinamentos periódicos e palestras para alunos, professores e técnicos administrativos sobre como funcionam o descarte e a coleta de resíduos na instituição. Desse modo, as atividades voltadas à Gestão de Resíduos Sólidos – considerada questão-chave para a política de sustentabilidade que vem sendo implantada desde 2010 pela UFPE, sob a coordenação da DGA –, que compõem as estratégias definidas no Plano Nacional de Resíduos Sólidos, demonstram o contínuo esforço da UFPE para adequar-se às normas do PNRS, por meio de atividades baseadas na educação ambiental, para o fortalecimento da sustentabilidade ambiental.

REFERÊNCIAS

ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**, São Paulo–SP, 2016. Disponível em: <http://www.mpdft.mp.br/portal/pdf/comunicacao/junho_2018/panoramaanexos2016.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução RDC nº 306 - Regulamento Técnico para o Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde**. Ministério da Saúde, 7 de dezembro de 2004.

AMBIENTEC. **Resíduos do Serviço de Saúde**. 2018. Disponível em: <https://www.ambientec.com/residuos-do-servico-de-saude/> Acesso em: 30 ago. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004: Resíduos sólidos – Classificação**, Segunda edição, p.12, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11175 - Incineração de Resíduos Sólidos Perigosos – Padrões de desempenho**, 1990.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7039 - Pilhas e Acumuladores Elétricos – Terminologia,** 1987.

BRASIL. **Constituição Federal**. 1988. Senado Federal. Disponível em: <https://www.senado.leg.br/atividade/const/con1988/con1988_06.06.2017/art_225_.asp>. Acesso em: 11 ago. 2018.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. **Diretrizes Nacionais para o Saneamento básico**, Brasília, DF, 2007. Disponível em: IPI incidente sobre os produtos que menciona, Brasília, DF, mar 2017. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Lei/L11445.htm>. Acesso em: 19 nov. 2018.

CASTELLANELLI, C.; MELLO, C. I.; RUPPENTHAL, J. E.; HOFFMANN, R. Óleos comestíveis: o rótulo das embalagens como ferramenta informativa. In**: I Encontro de Sustentabilidade em Projeto do Vale do Itajaí**. 2007.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 257 - Disciplina o descarte e o gerenciamento ambientalmente adequado de pilhas e baterias usadas, no que tange à coleta, reutilização, reciclagem, tratamento ou disposição final**. Publicada no DOU de 30 de julho de 1999. Seção 1, página 28, 1999.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 275 - Gestão de Resíduos e Produtos Perigosos**. Publicada no DOU no 117-E, de 19 de junho de 2001, Seção 1, página 80, 2001.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 3 - Padrões de qualidade do ar, previstos no PRONAR**. Publicada no DOU, de 22 de agosto de 1990, Seção 1, páginas 15937-15939, 1990.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 358 - Gestão de Resíduos e Produtos Perigosos**, Publicada no DOU no 84, de 4 de maio de 2005, Seção 1, páginas 63-65, 2005a.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 362 - Gestão de Resíduos e Produtos Perigosos**, Publicada no DOU no 121, de 27 de junho de 2005, Seção 1, páginas 128-130, 2005b.

COSTA, Marco A.; TSUKUMO, Isadora T. L. (Org.). **40 anos de regiões metropolitanas no Brasil**. Brasília: Ipea, 2013.

DGA. **Diretoria de Gestão Ambiental**. Universidade Federal de Pernambuco, Recife-PE, 2018. Disponível em: <https://www.ufpe.br/dga/sobre> Acesso em: 2 set. 2018.

GARSON, Sol. Regiões metropolitanas: diversidade e dificuldade fiscal da cooperação. **Cadernos Metrópoles**, São Paulo, v. 11, n. 22, p. 435-451, jul./ dez. 2009.

GTECH. **Exportação e Importação de lixo eletrônico no Brasil:** como funciona. 2018. Disponível em: <http://gtechsolucoes.com.br/exportacao-e-importacao-de-lixo-eletronico/>. Acesso em novembro de 2018.

KLINK, Jeroen J. Novas governanças para as áreas metropolitanas: o panorama internacional e as perspectivas para o caso brasileiro. **Cadernos Metrópoles**, São Paulo, v. 11, n. 22, p. 415-433. jul./dez. 2009.

MEDINA, M.N. Breve histórico da educação ambiental. In: PADUA, S.M.; TABANEZ, M.F. (Org.) **Educação ambiental:** caminhos trilhados no Brasil. Brasília: Instituto de Pesquisas Ecológicas, p.256, 1997.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, **Política Nacional de Resíduos Sólidos**, 2018. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/cidades--sustentaveis/residuos-solidos/politica-nacional-de-residuos-solidos> Acesso em: 12 nov. 2018.

PENSAMENTO VERDE. **Descubra a importância da educação para a reciclagem.** 2014. Disponível em: <https://www.pensamentoverde.com.br/reciclagem/descubra-importancia-da-educacao-para-reciclagem/>. Acesso em novembro de 2018.

PITTA JUNIOR, O. S. R.; NOGUEIRA NETO, M. S.; SACOMANO, J. B.; LIMA, A. **Reciclagem do óleo de cozinha usado: uma contribuição para aumentar a produtividade do processo**. Key elements for a sustainable world: Energy, water and climate change. 2ns International Workshop – Advences in Cleaner Production. São Paulo, Brasil, 2009.

PORTAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS. **Tratamento de Resíduos Sólidos**, novembro 27, 2013. Disponível em: <https://portalresiduossolidos.com/tratamento-de-residuos-solidos/>. Acesso em: 20 ago. 2018.

RABELO, R.A.; FERREIRA, O.M. **Coleta seletiva de óleo residual de fritura para aproveitamento industrial**, 2008. Disponível em: <https://www.researchgate.net/signup.SignUp.html>. Acesso em: 28 nov. 2018.

REIS, M. F.P; ELLWANGER, R. M; FLECK, E. **Destinação de óleos de frituras**. Anais: 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Belo Horizonte, 2007.

SABESP. **Reciclagem de óleo de cozinha**, 2011. Disponível em: <http://site.sabesp.com.br/uploads/file/asabesp_doctos/programa_reciclagem_oleo_completo.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2018.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS - SEBRAE. **Gestão de resíduos sólidos:** uma oportunidade para o desenvolvimento municipal e para as micro e pequenas empresas. São Paulo: Instituto Envolverde :Ruschel& Associados, 2012.

XAVIER, M.F.M., SOUZA, C.C., SILVA, V.B., GONZAGA, OLIVEIRA, M.B.M., SANTOS, M.V.B. **MANUAL RESÍDUOS INFECTANTES**, Universidade Federal de Pernambuco, Diretoria de Gestão Ambiental. Disponível em: <https://www.ufpe.br/documents/1523864/1591168/Manual+Infectantes.pdf/ 5d8ce69d-f2fd-4beb-a0bd-80ce0e6b139a>. Acesso em: 25 ago. 2018. 2018a.

XAVIER, M.F.M., SOUZA, C.C., SILVA, V.B., GONZAGA, W.V., CASTRO, M.H., SILVA, N.M., COSTA, S.C.N. **MANUAL DE COLETA SELETIVA**, Universidade Federal de Pernambuco, Diretoria de Gestão Ambiental. Disponível em: <https://www.ufpe.br/documents/1523864/1591168/Manual+coleta+seletiva.pdf/80a8f620-536f--4904-b6c0-324e598031f7>. Acesso em: 20 ago. 2018. 2018b.

XAVIER, M.F.M., SOUZA, C.C., SILVA, V.B., GONZAGA, W.V., MENEZES, R., PINHEIRO, R.L.S. **MANUAL ÓLEO DE FRITURA**, Universidade Federal de Pernambuco, Diretoria de Gestão Ambiental, 2018. Disponível em: <https://www.ufpe.br/documents/1523864/1591168/Manual+%C3%B3leo.pdf/ec88b41f-3ea7-45e3-96e3-ab421b69dbff>. Acesso em: 25 ago. 2018c.

XAVIER, M.F.M., SOUZA, C.C., SILVA, V.B., GONZAGA, W.V., XAVIER, L.H., PINHEIRO, R.L.S. **MANUAL PILHAS, BATERIAS, CELULARES E ACESSÓRIOS**, Universidade Federal de Pernambuco, Diretoria de Gestão Ambiental, 2018. Disponível em: <https://www.ufpe.br/documents/1523864/1591168/Manual+pilhas+e+baterias.pdf/eca193f3-7204-4231-9c2a-5f7399715ce9>. Acesso em: 25 ago. 2018d.

1.6 LOGÍSTICA DA COLETA DE MEDICAMENTOS VENCIDOS E EM DESUSO NA UFPE

SOUZA, Camila Claudino de
Farmacêutica Especialista em Gestão Pública
Diretoria de Gestão Ambiental da UFPE
(DGA/ UFPE)
camila4932@gmail.com

FERREIRA, Sabrina de Oliveira Pinto Muniz
Graduada em Gestão Ambiental
Departamento de Ambiente, Saúde e Segurança do Instituto Federal de Pernambuco
(DASS/ IFPE)
sabrina.yeshua@hotmail.com

FERREIRA JÚNIOR, Jorge Alberto Muniz
Graduado em Gestão Ambiental
Departamento de Ambiente, Saúde e Segurança do Instituto Federal de Pernambuco
(DASS/ IFPE)
jorgeamfj17@hotmail.com

OLIVEIRA, Maria Betânia Melo de
Doutora em Ciências Biológicas
Departamento de Bioquímica do Centro de Biociências da UFPE
(CB/ UFPE)
mbetaniam2008@gmail.com

RESUMO

Práticas inadequadas de descarte de medicamentos podem causar danos à saúde e provocar sérios problemas no ciclo de vida de vários organismos. Alguns estudos têm apontado para o fato de que o descarte não judicioso de medicamentos vencidos ou sobras, feito pela população em geral, tem gerado consequências ao meio ambiente e à saúde humana. Este trabalho teve como objetivo relatar a experiência da Coleta de Medicamentos Vencidos e em Desuso no *campus* Recife da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) durante o período de fevereiro de 2017 a setembro de 2018. A metodologia utilizada foi de caráter descritivo, baseando-se na experiência da instituição e em pesquisas bibliográficas. A ação teve início em fevereiro de 2017, com a Diretoria de Gestão Ambiental (DGA) da UFPE distribuindo coletores em três pontos do *campus*. Esses locais foram selecionados estrategicamente e todos os coletores receberam adesivos informativos. Manuais educativos foram elaborados e disponibilizados no *site* da instituição para facilitar a logística e o descarte dos medicamentos vencidos e em desuso. Até o momento foram recolhidos 197,6 kg de medicamentos, que foram destinados para descarte adequado. Assim, a UFPE vem contribuindo com seu papel socioambiental, possibilitando que as pessoas descartem de forma correta os medicamentos vencidos e também sobras, evitando que esses poluentes ocasionem danos ambientais.

PALAVRAS-CHAVE: Descarte de medicamentos; Gerenciamento de Resíduos Sólidos; Degradação ambiental.

1. INTRODUÇÃO

Ao longo dos séculos, os estudos científicos evoluíram significativamente, propiciando avanços em várias áreas do conhecimento, a exemplo da medicina. Assim, no ano de 1750 foram criados os primeiros laboratórios farmacêuticos, possibilitando a fabricação de medicamentos em grande escala. Anos depois, entre 1945 e 1965, a população passou a ter à disposição uma grande variedade de medicamentos.

Os avanços que vêm ocorrendo são extremamente relevantes tanto no processo de prevenção quanto de controle e cura de muitas doenças. Todavia, apesar dos inúmeros benefícios propiciados pelo uso de medicamentos, eles também podem ocasionar diversos problemas caso não sejam descartados da maneira correta. Muitas vezes, os medicamentos vencidos são descartados em locais inapropriados como esgoto, terreno a céu aberto, rios, praias e corpos d'água. Como eles pertencem à Classe I de resíduos perigosos, tais ações podem provocar sérios danos à saúde humana, bem como alterações no ciclo de vida de vários organismos, deixando o meio ambiente vulnerável a impactos ambientais que podem ser desastrosos, como poluição do solo, do lençol freático e da água de rios e mares, o que, por sua vez, prejudica a flora e a fauna, além de interferir diretamente na qualidade da saúde humana.

Para que isso não aconteça, é necessário que haja uma logística bem estruturada e que os rejeitos de medicamentos vencidos ou em desuso sejam descartados de forma adequada pelo gerador, conforme previsto na Lei 12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e que dispõe as diretrizes do gerenciamento de resíduos sólidos. A PNRS ainda conceituou, em seu art. 3º, a logística reversa como um instrumento econômico e social que implica em "um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada" (BRASIL, 2010).

Especificamente quanto à gestão dos resíduos, a Diretoria de Gestão Ambiental (DGA) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) vem desenvolvendo projetos relacionados à área de gerenciamento de resíduos sólidos. No que se refere à coleta seletiva de resíduos recicláveis, em julho de 2016 foi iniciado um trabalho sistematizado de

implantação na UFPE, acompanhado de ações de educação ambiental, intitulado "UFPE Coopera", que visa implantar diversas ações ambientais voltadas para a comunidade acadêmica, contemplando a implantação da coleta de pilhas e baterias, óleo de fritura, medicamentos vencidos e a ampliação da coleta seletiva de resíduos recicláveis. Nessa iniciativa, ocorreu a distribuição de coletores e a promoção de campanhas de sensibilização, a fim de ampliar a quantidade de resíduos coletados e garantir o sucesso do projeto (SANTIAGO JÚNIOR et al., 2018; SILVA et al., 2018).

Adicionalmente, a DGA ampliou a iniciativa do projeto UFPE Coopera incluindo os resíduos de medicamentos, possibilitando que tanto os gerados na UFPE quanto os trazidos ao *campus* vencidos ou em desuso fossem armazenados adequadamente e tivessem um destino final ambientalmente correto. Essa ação foi iniciada em fevereiro de 2017, com a disponibilização de coletores na instituição.

O objetivo deste trabalho foi descrever os procedimentos adotados na implantação e logística da coleta de medicamentos vencidos ou em desuso na UFPE, a fim de relatar a experiência da DGA no desenvolvimento do gerenciamento de resíduos sólidos da Universidade.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS)

A Lei nº 12 305/2010, que trata sobre a PNRS, dispõe sobre as diretrizes do gerenciamento de resíduos sólidos, seus princípios e instrumentos acerca do tema. Tal política impõe ao gerador a responsabilidade por todo ciclo de vida de seu produto, inclusive o descarte final: o produto deve ser descartado de forma ambientalmente correta, conforme previsão legal. Os resíduos perigosos possuem exigências específicas quanto ao seu plano de gerenciamento, portanto todos os cuidados necessários devem ser tomados desde sua logística, armazenamento e transporte, até a destinação final ambientalmente correta.

Conforme a Lei da PNRS (2010), estão sujeitos ao gerenciamento de resíduos perigosos todos os geradores de resíduos com as seguintes características:

> Aqueles que, em razão de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade, apresentam significativo risco à saúde pública ou à qualidade ambiental, de acordo com lei, regulamento ou norma técnica (PNRS, 2010, art. 13).

De acordo com essa lei, assim como as empresas e a coletividade, o Poder Público também é responsável pelo cumprimento dessa política, conforme descrito no capítulo III, seção I, que aborda as responsabilidades dos geradores e do poder público, no art. 25, que diz: "o poder público, o setor empresarial e a coletividade são responsáveis pela efetividade das ações voltadas para assegurar a observância da PNRS e das diretrizes e demais determinações estabelecidas nesta Lei e em seu regulamento" (PNRS, 2010, art. 25).

Especificamente quanto à gestão dos resíduos, a UFPE, por meio da DGA, vem desenvolvendo projetos ligados à área de gerenciamento de resíduos sólidos, em busca da implantação de um Programa de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS). Visando ao cumprimento das diretrizes e princípios da PNRS, a instituição implantou a coleta seletiva solidária no *campus* Recife. Atualmente, encontram-se implantadas a gestão de resíduos infectantes e químicos, pilhas e baterias, cartuchos, toners e medicamentos. Já a gestão de outros tipos de resíduos, como recicláveis e biomassa, estão parcialmente implantadas, por não abranger todo o resíduo gerado. Os resíduos de equipamentos eletroeletrônicos, construção civil e água residuárias ainda estão em fase inicial de implantação (SOUZA et al., 2018).

A PNRS também traz a definição de acordo setorial, que é um ato de natureza contratual firmado entre o poder público e fabricantes, importadores, distribuidores ou comerciantes, buscando a implantação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto (BRASIL, 2010). No Decreto nº 7404, de 23 de dezembro de 2010, ficou instituído o Comitê Orientador para a Implantação de Sistemas de Logística Reversa (Cori), que tem como parte de suas atividades a orientação estratégica para a implementação da logística reversa, estudos de viabilidade técnica e econômica, definição de prioridades e cronogra-

mas para propostas de acordos setoriais e revisão de instrumentos que disciplinam a logística reversa.

O Comitê Orientador, com a assistência do Grupo Técnico de Assessoramento (GTA), identificou, ainda em 2011, cinco cadeias classificadas como prioritárias, que são: embalagens em geral; embalagens de óleos lubrificantes e seus resíduos; lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista; eletroeletrônicos; e descarte de medicamentos. Foram criados Grupos Temáticos para discussão de cada item (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2018a).

O Grupo Temático de Trabalho (GTT) de Medicamentos foi criado em março de 2011, sob a coordenação do Ministério da Saúde (MS), com o apoio da Agência de Vigilância Sanitária (Anvisa). Também participam representantes desse GTT, instituições públicas, setor empresarial da cadeia farmacêutica, entidades de classe e da sociedade civil. O GTT de Medicamentos teve como objetivo a elaboração de subsídios para o estabelecimento do acordo setorial para implantação de logística reversa de medicamentos, por meio de estudos técnicos e econômicos e avaliação de impactos da logística reversa para subsidiar as tomadas de decisão do Comitê Orientador (GRACIANI; FERREIRA, 2014).

Atualmente, todos os GTTs já concluíram seus trabalhos. O processo completo para celebração dos acordos setoriais passa por várias etapas e, neste momento, a proposta de decreto de implementação do sistema de logística reversa de medicamentos descartados pela população está em Consulta Pública (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2018b).

2.2 Impactos do descarte inadequado de medicamentos na saúde

O uso irracional dos medicamentos, caracterizado pelo uso de medicamentos sem supervisão ou informação prestada por profissional da área de saúde, pode causar consequências graves à saúde, como: reações adversas; diminuição da eficácia; dependência ao medicamento; efeitos colaterais; interações medicamentosas; e, até mesmo, o agravo do quadro clínico do indivíduo (FERNANDES; CEMBRANELLI, 2015).

Recentemente, foi divulgado que o uso de medicamentos responde pela maioria dos casos de intoxicação no Centro de Informação e Assistência Toxicológica (Ciatox) da Unicamp, em Campinas, São Paulo. O consumo de medicamentos correspondeu a 33,62% das ocorrências:

mais que o dobro, por exemplo, dos atendimentos por picadas de animais peçonhentos e consumo de produtos químicos no ano de 2017 (UNICAMP, 2017).

No entanto, devido ao incentivo da mídia e à facilidade de aquisição, o uso de medicamentos se tornou uma situação rotineira, gerando acúmulo desses produtos nas residências (FERNANDES; PETROVICK, 2004). Pesquisas também apontam que a população acaba por guardar sobras de medicamentos para utilizá-las em outro momento, acarretando em formação do estoque de medicamentos, fato esse decorrente de prescrição e/ou dispensação superior à necessária ao tratamento, abandono do tratamento, compras por conta própria e outros motivos (TABOSA et al., 2012).

2.3 Impactos ambientais causados pelo descarte inadequado de medicamentos

Pesquisas apontam que a população possui o hábito de descartar os medicamentos de forma errônea e em locais inadequados, talvez pelo fato de não existir nenhuma orientação formal sobre o assunto por parte dos órgãos competentes em relação ao descarte correto de medicamentos vencidos (PINTO et al., 2014).

Guerrieri e Henkes (2017) citam os impactos causados pelo descarte inadequado de medicamentos:

> Ao se considerar as deficiências infraestruturais de saneamento básico e a ineficiência no gerenciamento de resíduos sólidos em muitos municípios brasileiros fica evidente que os medicamentos descartados no lixo doméstico são destinados diretamente aos aterros sanitários, sem qualquer tratamento prévio. É importante frisar que, no pior cenário, eles acabam sendo dispostos em lixões ou aterros controlados, o que agrava ainda mais a contaminação do solo, das águas, resultando em efeitos negativos para saúde pública (GUERRIERI, HENKES; 2017, p. 580).

Ainda, estudos indicam que a maioria dos sistemas públicos de tratamento de água não estão preparados para tratamento desse tipo de

resíduo, não sendo adotados mecanismos que façam a remoção destes compostos (MARTINHO; SANTOS, 2011).

Dados apontam que resíduos de medicamentos possuem o potencial de interferir no metabolismo e comportamento dos organismos aquáticos, como na reprodução e mobilidade (CARVALHO et al., 2009). Projetados para atingir uma via metabólica específica em seres humanos ou em animais (no caso de medicamentos veterinários), os fármacos possuem mecanismos de ação que nem sempre estão esclarecidos em sua totalidade, sendo praticamente impossível prever seus efeitos sobre outros organismos (MARTINHO; SANTOS, 2011).

De maneira geral, o risco ambiental apresentado pelos resíduos de medicamentos dependerá de vários fatores, no entanto, é possível destacar três riscos: a capacidade de bioacumulação, a dificuldade na sua eliminação do organismo (persistência) e seu potencial toxicológico (PAIVA, 2009).

3. METODOLOGIA

O método utilizado nessa pesquisa foi de caráter descritivo, sendo um estudo de caso. Esse método é comumente utilizado por pesquisadores que demonstram uma preocupação com a atuação e a prática, geralmente na forma de levantamento, na qual a apresentação dos dados é realizada normalmente por relatórios (GIL, 2002). Ainda, conforme descrito por Cavalcante e Moreira (2010), o estudo de caso consiste em uma investigação mais detalhada, com o objetivo de embasar uma análise do conjunto e dos processos no fato analisado.

Um dos instrumentos utilizados para coleta de dados nesta pesquisa foi o levantamento dos dados registrados pela DGA. Desde a implantação do primeiro ponto de coleta de medicamentos vencidos ou em desuso no *campus* Recife da UFPE, em dezembro de 2017, a DGA faz monitoramentos das condições dos coletores a cada dez dias e, no mínimo uma vez por mês, executa a coleta dos medicamentos vencidos e a pesagem e registro do quantitativo dos resíduos coletados em tabela específica. Os dados obtidos foram organizados no programa Microsoft Office Excel 2007.

Ainda, foram feitas análises de documentos oficiais e projetos elaborados e executados na UFPE, relacionados à temática da coleta de

medicamentos vencidos em desuso, bem como pesquisa em portais científicos, a fim de identificar as pesquisas desenvolvidas sobre essa mesma temática.

Esta pesquisa teve como objeto de estudo o gerenciamento dos resíduos de medicamentos coletados no *campus* Recife da UFPE, desenvolvido por meio de ações da DGA, estrutura administrativa integrante da Superintendência de Infraestrutura (Sinfra), anteriormente denominada Prefeitura da Cidade Universitária (PCU). A UFPE atualmente conta com mais de 40 mil colaboradores, entre alunos, professores e técnico-administrativos, distribuídos em três *campi*, localizados nas cidades de Recife, Vitória de Santo Antão e Caruaru.

Diante dessa magnitude, faz-se necessário o gerenciamento adequado de todos os resíduos sólidos gerados dentro da instituição, como também a promoção de práticas sustentáveis oferecendo soluções para o correto descarte de resíduos pela população acadêmica, bem como para a comunidade do entorno do *campus*.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Implantação da coleta de medicamentos na UFPE

É sabido que o descarte inadequado de resíduos tem ocasionado impactos negativos imensuráveis em diversos setores, inclusive no setor de medicamentos. Para tanto, algumas ações ambientais e de gerenciamento de resíduos estão sendo colocadas em prática e obtendo resultados satisfatórios em órgãos públicos e privados, como por exemplo o projeto UFPE Coopera, que visa atender a diversos setores da instituição.

Welter et al. (2014) destacam a importância do projeto de descarte para medicamentos vencidos:

> Considerando os ciclos da Assistência Farmacêutica, destacam-se como necessidade o desenvolvimento e tecnologias aplicáveis, como campanhas que promovam o uso racional dos medicamentos, visando o aumento da adesão ao tratamento e a redução da automedicação por parte dos indivíduos. Logo, o projeto de descarte para medicamentos ven-

> cidos é um processo de coleta que serve como ferramenta de conscientização para redução dos danos através da prevenção de impactos associados ao descarte inadequado, tanto ao meio ambiente quanto à saúde da população e assim estes prejuízos são refletidos ao coletivo, e não apenas para aqueles que os descartaram inadequadamente (WELTER et al., 2014, p. 4).

Na UFPE, a Farmácia Escola Carlos Drummond de Andrade (FECDA), localizada no Departamento de Ciências Farmacêuticas, desenvolveu o projeto "Destino Certo de Medicamentos" em 2011, com o objetivo de recolher medicamentos em desuso, vencidos ou não, da população, com o intuito de destiná-los adequadamente, evitando, assim, problemas relacionados ao descarte incorreto e outras complicações, como o aumento da automedicação pelo acúmulo desses resíduos nos domicílios (TABOSA et al, 2012).

A partir do conhecimento do projeto realizado pela FECDA, a DGA resolveu implantar a coleta de medicamentos vencidos e em desuso para toda a Universidade, ampliando o projeto de Educação Ambiental da DGA, o UFPE Coopera. De acordo com Silva et al., (2018), o projeto UFPE Coopera foi criado para atender a leis que dispõem sobre medidas ambientais atreladas ao descarte correto de resíduos no *campus* Recife da UFPE e ampliar as ações de gestão ambiental na instituição, além de fazer um trabalho de sensibilização e educação ambiental, a fim de que os projetos sejam bem-sucedidos e divulgados ao maior número possível de pessoas**.**

A implantação da coleta de medicamentos na UFPE teve início em fevereiro de 2017, quando a DGA instalou coletores, inicialmente na Sinfra e, posteriormente, na Reitoria e no *hall* do Departamento de Ciências Farmacêuticas.

A escolha de apenas três pontos de coleta foi para prevenção de incidentes com os coletores, como violação e exposição a intempéries. Esses locais foram selecionados estrategicamente para facilitar a fiscalização do resíduo descartado. É possível perceber no mapa de pontos de coleta (Figura 1) a localização dos pontos nas extremidades do território da UFPE, facilitando, desse modo, a ação de descarte dos atores sociais do entorno da Universidade.

Figura 1. Mapa de pontos de coleta de óleo, pilhas e medicamentos da UFPE.

Fonte: DGA, 2018.

A Figura 2 apresenta um modelo ilustrativo de coletor que está sendo utilizado no descarte de medicamentos. Em monitoramentos realizados a cada dez dias, percebe-se a necessidade da retirada dos resíduos de medicamentos dos coletores; estes são recolhidos, pesados e encaminhados ao abrigo temporário para aguardar a empresa que faz a coleta dos medicamentos que os direciona para o destino final correto.

Figura 2. Coletor de medicamentos com adesivo informativo.

Fonte: Manual de medicamentos DGA, 2017.

Os coletores instalados receberam adesivos informativos sobre as formas farmacêuticas que podem ser descartadas; apresentam mecanismo de acionamento de abertura da tampa por pedal; encontram-se em locais de fácil visualização e acesso; e estão livres do contato com outros resíduos, animais, insetos, entre outros. Ainda, na parte superior da tampa, há a informação de que a bula e a embalagem secundária (cartuchos de papelão) não devem ser descartadas, devendo ser destinadas a um coletor de resíduos recicláveis.

4.2 Dados obtidos com a coleta de medicamentos na UFPE

Durante o período de fevereiro de 2017 a setembro de 2018, foram recolhidos 197,6 kg de medicamentos, que foram destinados para descarte por uma empresa terceirizada, que realiza a incineração dos resíduos. Em 2017, foram coletados 103,2 kg de medicamentos. Em 2018, até o mês de setembro, já haviam sido coletados 94,8 kg. Tais informações são obtidas em levantamentos e monitoramentos das coletas nos setores da Reitoria, Departamento de Ciências Farmacêuticas e Sinfra. O Gráfico 1 aponta que o setor que tem maior coleta de resíduos de medicamentos é o Departamento de Ciências Farmacêuticas, devido às atividades praticas ali realizadas, correspondendo a 52,3% do total coletado.

Gráfico 1. Percentual de medicamentos coletados na UFPE por ponto de coleta, entre fevereiro de 2017 e setembro de 2018.

Fonte: Os autores (2018).

O gráfico abaixo apresenta as quantidades coletadas por mês, nos três pontos de coleta de medicamentos, durante o período de funcionamento da campanha.

Gráfico 2. Quantidade mensal em kg de medicamentos coletados na UFPE por ponto de coleta.

Fonte: Autores, 2018.

4.3 Manual de Gestão de Resíduos de Medicamentos e Educação Ambiental

Ferreira et al. (2018), ao realizarem a análise do programa de Coleta Seletiva da UFPE, afirmam que:

> Mesmo propiciando benefícios à Universidade, existem pontos no sistema a melhorar, principalmente na intensificação das atividades de educação ambiental. Para que o planejamento tenha um efeito ainda maior num curto prazo, as ações devem ser contínuas, sem pausas ou interrupções, focando na sensibilização ambiental, para assim atender o público em geral e reduzir/eliminar falhas na segregação dos resíduos. Isto se dará

> através de cursos e palestras de qualificação aos servidores e alunos, divulgação em quadros de avisos e em salas de aula e na apresentação do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos da Instituição–atualmente desconhecido por muitos, inclusive por servidores. (FERREIRA et al., 2018, p. 356).

Nesse contexto, como iniciativa de educação ambiental, a DGA elaborou os Manuais de Gestão de Resíduos Sólidos e de Sustentabilidade, para servirem como ferramenta de divulgação das ações. Disponíveis em formato digital, os manuais são ecologicamente adequados e de fácil acesso, uma vez que há diminuição no impacto ambiental e redução nos custos de impressão e que podem ser acessados livremente (OLIVEIRA, 2018).

Guerrieri e Henkes (2017) explanam sobre a importância das campanhas de conscientização em sua pesquisa:

> Propõe-se a elaboração, por parte do poder público, de campanhas periódicas de conscientização e esclarecimento quanto aos riscos da automedicação e os impactos ambientais provenientes do descarte inadequado de medicamentos vencidos. A proposta consiste em divulgar informações básicas, por meio de cartilhas ou folhetos ilustrativos, a fim de orientar a população de Rio das Ostras sobre o uso racional e o descarte correto de medicamentos vencidos. É importante que todos reflitam sobre o hábito da automedicação e saibam o que fazer no momento de descartar este tipo de resíduo. (GUERRIERI; HENKES; 2017, p. 598).

Um dos manuais desenvolvidos pela DGA tem como tema a Gestão de Resíduos de Medicamentos, que traz informações sobre as consequências do descarte inadequado de medicamentos, procedimentos corretos de descarte e a localização dos pontos de descarte do *campus* Recife da UFPE, orientando as pessoas para trazerem seus resíduos de casa.

O Manual de Gestão de Resíduos de Medicamentos (Figura 3) foi disponibilizado em formato digital na página da Sinfra no portal da UFPE (www.ufpe.br/sinfra). A divulgação foi realizada pela Assesso-

ria de Comunicação da UFPE e pela DGA, através das redes sociais e *e-mail* para a comunidade acadêmica.

Figura 3. Capa do Manual de Medicamentos elaborado pelo DGA/UFPE.

Fonte: DGA, 2018.

A criação e a implantação da Gestão de Resíduos de Medicamentos objetiva a busca de uma organização sustentável, fundamentada em boas práticas ambientais, visto que a universidade possui papel relevante na transmissão da educação e na transformação do meio que está inserida.

5. CONCLUSÕES

Este trabalho se propôs a descrever os procedimentos de implantação, logística, monitoramento e coleta de resíduos de medicamentos na UFPE, dentro da estrutura da construção do PGRS da Universidade. O PGRS vem sendo construído a partir de ações que envolvem a integração entre pesquisa acadêmica e gestão administrativa, apoiado na PNRS.

A UFPE, com a criação, implantação e divulgação da logística de coleta de medicamentos vencidos e em desuso, dentro do programa UFPE Coopera, vem contribuindo com seu papel socioambiental, possibilitando que as pessoas descartem de forma correta, reduzin-

do tanto as consequências negativas causadas na saúde da população como também os danos ambientais, e aumentando o nível de consciência quanto às questões ambientalmente sustentáveis.

A partir dos dados obtidos, identificou-se que, dos três pontos de coleta instalados no *campus* Recife da UFPE, o coletor localizado no Departamento de Ciências Farmacêuticas é o que gera o maior quantitativo de medicamentos vencidos e em desuso. Provavelmente esse fato se dá pelo maior engajamento dos estudantes do curso de Farmácia, como também pela preexistência do ponto de coleta do projeto "Destino Certo de Medicamentos" nas dependências da Farmácia Escola, sendo, portanto, de conhecimento da população a possibilidade de descarte de medicamentos naquela unidade acadêmica.

Para o sucesso de iniciativas como essa, foi necessário o uso de um instrumento primordial: a educação ambiental aliada à gestão de resíduos, que engloba o individual e o coletivo no planejamento e execução de suas ações, pois apresenta em seu princípio básico a interdisciplinaridade, incitando a produção e divulgação de materiais didáticos educativos, como, por exemplo, a criação do Manual de Gestão de Resíduos de Medicamentos, utilizado para informar e conscientizar os atores sociais envolvidos e propiciar eficácia ao sistema de gestão ambiental universitário.

REFERÊNCIAS

BRASIL. **Decreto Nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010.** Regulamenta a Lei no 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa, e dá outras providências. Disponível em < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Decreto/D7404.htm> Acesso em 29 nov 2018.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010.** Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei n.9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. 2010. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm>. Acesso em 29 nov 2018

CARVALHO, E.V.; FERREIRA, E.; MUCINI, L.; SANTOS, C. Aspectos legais e toxicológicos do descarte de medicamentos, ***Rev. Bras. Toxicol***, v. 22, n. 1/2, p. 1-8, 2009.

CAVALCANTI, Marcelo e MOREIRA, Enzo. **Metodologia de estudo de caso**: livro didático. 5. ed. rev. e atual. Palhoça: UnisulVirtual, 170 p., 2010.

FERNANDES, L.C.; PETROVICK, P.R. Os medicamentos na farmácia caseira. In: SCHENKEL, E.P. **Cuidados com os medicamentos**. 4. ed. rev. e amp. Porto Alegre: Editora da UFRGS; p. 39-42, 2004.

FERNANDES WS, CEMBRANELLI JC. Automedicação e o uso irracional de medicamentos: o papel do profissional farmacêutico no combate a essas práticas. **Rev Univap**, v 21, n. 37, p. 1-12, 2015.

FERREIRA, S.O.P.M.; FERREIRA JÚNIOR, J.A.M.; SOUZA, C.C.; LYRA, M.R.C.C. Análise da Coleta Seletiva Solidária na Universidade Federal de Pernambuco, Campus Recife - PE**.** In: SANTOS, J.P.O.; SILVA, R.C.P.; MELLO, D.P.; EL-DEIR, S.G. **Resíduos sólidos: Impactos Socioeconômicos e Ambientais**. 1. ed. Recife, Cap. 4. p. 345-357, 2018.

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4ª Edição, São Paulo. Atlas, 2002.

GRACIANI, Fernanda Silva; FERREIRA, Gabriel Luis Bonora Vidrih. Descarte de medicamentos: Panorama da logística reversa no Brasil. **Espacios.** V. 35, N. 5. Pág. 11, 2014.

GUERRIERI, F.M.; HENKES, J.A.Análise do descarte de medicamentos vencidos: Um estudo de caso no município de Rios das Ostras (RJ). **Revista de Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, v. 6, n.1, Florianópolis, P. 566-608, 2017.

MARTINHO, M.G.; SANTOS, J.M.; Disposal of residential pharmaceutical waste An initial survey on attitudes, behaviors and risk perception in Portugal. **5th International Conference on Bioinformatics and Biomedical Engineering, (iCBBE)**, Wuhan, 2011.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Logística Reversa**. 2018. Disponível em < http://www.mma.gov.br/informma/item/478-comit%C3%AA-orientador-log%C3%ADstica-reversa.html>. Acesso em 01/12/2018. 2018a.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Medicamentos: consulta pública para decreto.** 2018. Disponível em < http://mma.gov.br/informma/item/15243-descarte-de-medicamentos-ser%C3%A1.html>. Acesso em 01/12/2018. 2018b.

OLIVEIRA, M.B.M., GONZAGA, W.V., MENEZES, R.S.C., XAVIER, M.F.M., 2018. Educação Ambiental por Meio de Manuais: uma Estratégia para Gestão de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade na UFPE. *In*: Santos, J.P.O; Silva, R.C.P., Mello, D.P., El-Deir, S.G. (Org.). **Resíduos sólidos: tecnologia e boas práticas de economia circular**. Recife: EDUFRPE, pp. 320-329, 2018.

PAIVA, O.J.M. **Estudo ecotoxicológico de medicamentos e outros químicos de Farmácias**. Dissertação de Mestrado em Toxicologia e Ecotoxicologia. Universidade de Aveiro, Aveiro. 2009.

PINTO, Gláucia Maria Ferreira; SILVA, Kelly Regina da ; PEREIRA, Rosana de Fátima Altheman Bueno; SAMPAIO, Sara Issa. Estudo do descarte residencial de medicamentos vencidos na região de Paulínia (SP), Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.19, n.3 , p. 219-224, 2014.

SANTIAGO JÚNIOR, C.J.N.; PINHEIROS, R.L.S.; SOUZA, C.C.; MENEZES, R.S.C. Operacionalização da Coleta Seletiva de Óleo de Fritura para Produção de Biodiesel. *In*: Santos, J.P.O; Silva, R.C.P., Mello, D.P., El-Deir, S.G. (Org.). **Resíduos sólidos: tecnologia e boas práticas de economia circular**. Recife: EDUFRPE, pp. 353-367, 2018.

SILVA, N.M.; SOUZA, C.C.;GOUVEIA, R.L.; SELVA, V.S.F.Avaliação da Coleta Seletiva Solidária na UFPE, Campus Recife, após a implantação do projeto UFPE Coopera**.** In: SANTOS, J.P.O.; SILVA, R.C.P.; MELLO, D.P.; EL-DEIR, S.G. **Resíduos sólidos: Impactos Socioeconômicos e Ambientais**. 1. ed. Recife, Cap. 4. p. 358-370, 2018.

SOUZA, C. C.; XAVIER, M. de F. M.; OLIVEIRA, M. B. M. Gerenciamento dos Resíduos na Universidade Federal de Pernambuco: Avanços e Desafios. **II National Workshop on UI GreenMetric for Universities in Brazil, at Universidade de São Paulo**, 2018. No prelo.

TABOSA, M.A.M.; SILVA, J.K..C.; LIMA, E.N.; LEAL, L.B.; SANTANA, D.P. Avaliação dos medicamentos descartados através do projeto "Destino certo de medicamentos" da Farmácia Escola Carlos Drummond de Andrade/UFPE (Parte I). **Revista Brasileira de Farmácia (RBF),** Rev. Bras. Farm., V. 93, n. 2, P. 250-254, 2012.

UNICAMP. **Uso de medicamentos é a principal causa de intoxicação, aponta pesquisa da Unicamp**. Unicamp – Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 6 dez. 2017. Disponível em: https://www.unicamp.br/unicamp/noticias/2017/12/12/uso-de-medicamentos-e-principal-causa-de-intoxicacao-aponta-pesquisa-da-unicam . Acesso em: 27 nov. 2018.

WELTER, M.T.; POLANCZYK, A.K.; MELLITZ, G.M.; STRASSBURGER, M.; OLIVEIRA, K.R.; COLET, C.F. Projeto de descarte consciente de medicamentos em uma unidade de reabilitação física de Ijuí. **Salão do Conhecimento UNIJUÍ 2014**, Ijuí, 2014.

EIXO TEMÁTICO 2: POLÍTICAS PÚBLICAS E RESPONSABILIDADE SOCIOAMBIENTAL

2.1 Evolução ambiental em algumas Instituições de Ensino Superior (IES) do brasil.

2.2 Criando modelos didáticos com responsabilidade socioambiental.

2.3 Concepção dos catadores de materiais recicláveis sobre resíduos sólidos.

2.4 Indicadores de sustentabilidade: uma visão das relações internacionais.

2.5 Planejamento de contratação de serviços e sustentabilidade: uma proposta de indicadores para a Universidade Federal de Pernambuco.

2.6 Importância da reativação do cativeiro da Área de Proteção Ambiental (APA) Barra de Mamanguape para conservação do peixe-boi (*trichechus manatus manatus* linnaeus, 1758)

2.1 EVOLUÇÃO AMBIENTAL EM ALGUMAS INSTITUIÇÕES DE ENSINO SUPERIOR (IES) DO BRASIL

SERAFIM, Edvânia Maria Pereira
Bióloga
Servidora do Departamento de Bioquímica da Universidade Federal de Pernambuco (Dbioq/UFPE)
evgilserafim@gmail.com

OLIVEIRA, Maria Betânia Melo de
Doutora
Docente do Departamento de Bioquímica da Universidade Federal de Pernambuco (Dbioq/UFPE)
mbetaniam2008@gmail.com

RESUMO

Considerando a influência do meio ambiente para a manutenção da vida no planeta, este trabalho objetivou realizar uma revisão sistemática das práticas ambientais adotadas por algumas Instituições de Ensino Superior (IES) do Brasil, a fim de diagnosticar suas ações de sustentabilidade e divulgar as bem-sucedidas para que possam vir a ser utilizadas como modelo. A metodologia consistiu em um levantamento bibliográfico em obras científicas disponibilizadas na *web*. Foram avaliados estudos de casos em instituições, cujos critérios de escolha foram: abordagem de práticas ambientais em IES; desenvolvimento de ações de sustentabilidade; e ações desenvolvidas dos anos 2000 até hoje. O levantamento demonstrou que a maior parte das instituições não declara o grau de eficiência das suas ações, pois não apresenta um monitoramento contínuo de suas atividades ambientais. Apesar disso, é notório o aumento no número de universidades que vêm desenvolvendo práticas ambientais nos últimos anos. Esse aumento é devido à sensibilização dos gestores em reconhecer as IES como detentoras da responsabilidade socioambiental que elas representam. Esse cenário será ampliado quando ações pontuais passarem a se expandir para a sociedade local. Assim, faz-se necessário um processo contínuo e eficaz que supere os obstáculos da escassez de recursos, da resistência e da negligência da comunidade acadêmica para a implantação de práticas ambientais.

PALAVRAS-CHAVE: sustentabilidade, socioambiental, sensibilização.

1. INTRODUÇÃO

O meio ambiente é essencial para a vida no Planeta. A Lei nº 6938 de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente no Brasil, o define, em seu art. 3º, inciso I, como "o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem Física, Química e Biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas" (BRASIL, 1981). Mesmo com toda essa relevância, a grande exploração predatória, reflexo do crescimento da ocupação humana na Terra, tem gerado vários impactos naturais, muitas vezes irreversíveis, para a natureza. Segundo Ribeiro et al. (2007), as transformações impostas ao meio ambiente pela ação antrópica induziram desequilíbrios sociais e ecológicos. Para Dambrós et al. (2014), a ideia de que os recursos naturais eram inesgotáveis foi desmistificada, dando lugar à corrida pelo desenvolvimento sustentável e pela conscientização ambiental das pessoas, empresas e governo.

De acordo com Barbieri (2006), nas últimas três décadas do século XX a preocupação com as questões ambientais foi inserida no âmbito empresarial como um todo, bem como de maneira mais efetiva na agenda dos governos de muitos países, até assumir proporções grandiosas, passando a fazer parte do vocabulário de diversas outras camadas da sociedade, como políticos, administradores, estudantes, dirigentes de organizações não governamentais (ONGs) e o público em geral.

Contudo, apesar de todo esse envolvimento, cabe, de fato, ao poder público assumir o papel de maior responsabilidade nesse processo, como defende Quintas (2006) ao ressaltar que é dos governantes a obrigação de atuar como principal interventor na corrida à prevenção ambiental, que vai desde o ordenamento e controle da utilização dos recursos naturais até a competência de punir àqueles que causarem danos ao meio ambiente, através da imposição legal de criar incentivos fiscais na área ambiental; criar e gerenciar áreas protegidas; estabelecer padrões aceitáveis de sustentabilidade; e realizar outras ações necessárias à manutenção e recuperação das áreas naturais.

Essa amplitude da sensibilização ecológica em diferentes segmentos da coletividade acaba por circundar também a esfera educacional, como nas Instituições de Ensino Superior (IES) (TAUCHEN; BRANDLI, 2006). Segundo Careto e Vendeirinho (2003 apud DE MARCO et al., 2010), a implementação de ferramentas de gestão ambiental tem

sido mais presente nessas instituições, avanço explicado pela atuação no campo de pesquisa e ensino, que lhes proporcionam maior poder de mobilização voltado às atividades de gestão ambiental. No entanto, pelo seu papel na edificação de formadores de opinião, as IES ainda precisam avançar bastante em relação ao seu compromisso com a utilização racional dos recursos naturais e conservação do meio ambiente (TAUCHEN; BRANDLI, 2006), apesar dos avanços detectados nos últimos anos.

Fica evidente, como defende Fenker et al. (2009), que a conscientização acerca da escassez dos recursos naturais tem exigido das organizações a adoção de uma postura com maior responsabilidade socioambiental, fato que corrobora para a necessidade de trabalhos como este, que se justifica pela importância do papel das IES como influenciadoras na formação do sujeito, sendo essencial o alinhamento e compromisso dessas instituições com o desenvolvimento sustentável, passando pela importância do conhecimento da real eficácia das ações ambientais. Como ressalta Cordeiro, Leite e Partidário (2010), é através de mecanismos de avaliação que se pode inferir se a ferramenta de sustentabilidade é realmente adequada não só na teoria, mas principalmente na prática.

Nesse sentido, o presente estudo objetiva diagnosticar as práticas sustentáveis adotadas por algumas IES do Brasil e demonstrar ações bem-sucedidas que podem ser utilizadas como modelo por outras instituições de ensino e pesquisa do País.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Evolução da preocupação com o desenvolvimento sustentável

Fatores como o crescimento desenfreado da população mundial, o acelerado avanço industrial e tecnológico e a exploração predatória dos recursos naturais aumentaram o nível de agressão ao meio ambiente, mas também foram o gatilho para despertar preocupações relativas ao desenvolvimento equilibrado. Como sustentam Tauchen e Brandli (2006), essas variáveis de degradação do meio ambiente exigiram ações corretivas urgentes, levando algumas instituições, pelo menos, a iniciarem o caminho da sustentabilidade. Convergindo com essa tendên-

cia, "ambientalistas e a comunidade científica internacional estão há décadas alertando sobre a crise ambiental em que se encontra o planeta sem precedentes na história do ser humano" (LIMA, 2003, p. 02).

Diante dessa realidade, algumas ações sólidas em termos socioambientais aqueceram o debate acadêmico e político desse tema no cenário mundial, a exemplo da realização da primeira Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano (CNUMAH), ocorrida em 1972, em Estocolmo, na Suécia, que se tornou a referência contemporânea no tema ambiental e delineou o conceito de sustentabilidade no âmbito internacional, convocando as nações a se posicionarem sobre as ações humanas em relação ao tema, incentivando cada uma delas a criar órgãos específicos internos de proteção ecológica e chamando a atenção para a atuação das organizações não governamentais da sociedade civil (KOROSSY, 2008; SOUSA; CARNIELLO; ARAÚJO, 2012; DAMBRÓS et al, 2014).

Em 1987, o tema ambiental novamente entrou em foco para ampliar o conhecimento global sobre o assunto, como ressalta Dambrós et al. (2014) ao mencionar o Relatório de Brundtland, documento de base científica apresentado pela Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD) como principal precursor na consolidação do conceito de desenvolvimento sustentável. Esse conceito consta no próprio relatório de Brundtland, intitulado "Nosso Futuro Comum", como sendo "aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem suas próprias necessidades" (BRUNDTLAND, 1991, p. 46).

Outro grande evento mundial que ocorreu em 1992, na cidade do Rio de Janeiro, no Brasil, foi a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano (CNUMAD), que dentre outros resultados aprovou a Agenda 21 Global, documento histórico assinado em 14 de junho daquele ano por 179 países, cujo objetivo, conforme a explicação de Korossy (2008), "é servir de plano estratégico de ação para promover o desenvolvimento sem comprometer a qualidade de vida das atuais e futuras gerações". Ainda sobre a importância desse documento, destaca-se o que traz a própria Agenda 21 Global em seu capítulo 28, quando estabelece que as autoridades locais de cada país devem iniciar um diálogo com os diversos segmentos da população para construir sua Agenda 21 Local. Nesse sentido, "a construção da *Agenda 21*

Brasileira resultou da consulta pública em todo o território nacional, tornando-se importante passo para o desenvolvimento sustentável no país" (BRASIL, 2002).

Ainda nos limites nacionais, a relevância do tema já havia sido corroborada pela própria Constituição Federal de 1988, que em seu art. 225, reconheceu o meio ambiente saudável como sendo um direito de todos, ao mesmo tempo em que impôs a responsabilidade governamental acerca dessa perspectiva:

> Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações (BRASIL, 1988, art. 225).

Tomando por base esses eventos, se efetiva o trecho da Agenda 21 (BRASIL, 1995) que reconhece a cooperação internacional como apoiadora e complementar aos esforços nacionais em prol da conservação do meio ambiente, devendo gerar estímulo para a ampla participação pública, das organizações não governamentais, bem como do próprio poder público.

2.2 As boas práticas ambientais: benchmarking no contexto socioambiental

Com os desafios da modernidade e a consequente democratização do conhecimento, as organizações, tanto públicas quanto privadas de diversas áreas, vêm tentando aprimorar seus processos continuamente para se adequar à competitividade generalizada em seus respectivos mercados. Como defende Almeida, Mariano e Rebelatto (2006), já é esperado que a globalização se traduza em um conjunto de transformações na ordem política e econômica das nações. Para um negócio sobreviver a essa realidade, Lovarato (2011) destaca a possibilidade de identificar, reconhecer e compartilhar boas práticas empresariais através de uma ferramenta de gestão eficiente, chamada *benchmarking*. A autora conceitua esse termo como sendo uma técnica que consiste em reunir e compartilhar experiências exitosas como espelho para viabili-

zar melhorias em processos organizacionais, ou seja, aprender com os melhores, para, diante das devidas adaptações, avançar em seu próprio desempenho. Para Martins, Santos e Carvalho (2010), é recorrendo a essa técnica, visando lucro ou não, que as organizações buscam a qualidade total em seus processos, produtos e serviços.

Devido à eficiência dessa ferramenta, segundo Lovarato (2011), o *benchmarking* é um recurso que pode ser aplicado em diversas competências corporativas, entre as quais a competência socioambiental, na qual se destacam práticas que culminam em benefícios reais para o meio ambiente natural, a comunidade e a empresa adotante. E "embora a maioria das iniciativas que usam essa técnica digam respeito a questões financeiras e de gestão, o benchmarking ambiental está a tornar-se um elemento importante para a gestão ambiental das organizações" (ECO SMES, 2004, apud SANTOS, 2009, p. 41).

Da mesma forma que o *benchmarking*, em uma definição ampla, busca melhorar os processos e o desempenho corporativo de uma determinada organização, através da análise de estratégias e ideias positivas já realizadas, o *benchmarking* ambiental segue essa mesma lógica, com foco no aprimoramento técnico-gerencial da gestão ambiental. Em outras palavras, "o benchmarking ambiental é uma ferramenta eficaz para analisar as práticas relacionadas com o ambiente e os indicadores que levam a um desempenho ambiental superior, ao mesmo tempo em que melhoram o desempenho econômico" (SANTOS, 2009, p.41).

2.3 Instituições de ensino superior e o seu papel com a gestão ambiental

A administração pública passou por reformulações de paradigmas ao longo do tempo em busca da excelência. Para Gonçalves (2012), a intensificação de alguns fatores como as novas demandas sociais, o desenvolvimento de novas tecnologias e o aprimoramento de instrumentos de controle da atuação governamental, levaram o administrador público a adaptar suas ações às exigências atuais. De forma geral, começam a surgir as primeiras ideias sobre as questões ambientais, trazendo conceitos de desenvolvimento sustentável que evidenciam a necessidade de as organizações assumirem uma postura politicamente correta, atuando como protetoras do meio ambiente.

Alinhadas a essa nova conjuntura global, as IES atuam com uma responsabilidade essencial na preparação das novas gerações para um futuro viável. "Essas instituições possuem experiências nas investigações interdisciplinares e, por serem promotoras do conhecimento, acabam assumindo um papel essencial na construção de um projeto de sustentabilidade" (TAUCHEN e BRANDLI, 2006, p. 504). Essa característica pode ser considerada importante nas IES, uma vez que, como defende De Marco et al. (2010), para que ocorra de fato qualidade ambiental e de vida no planeta, tudo começa com a mudança de comportamento de cada um e de todos nos diversos aspectos de suas vidas. "Neste sentido, é necessário um projeto político-pedagógico que estimule o aparecimento do homem-cidadão enquanto ator político, para pensar e construir a proposta eco-desenvolvimentista" (TAUCHEN; BRANDLI, 2006, p.504).

O reconhecimento do poder de transformação que as universidades podem exercer no apoio às sociedades para torná-las sustentáveis tem se acentuado nas últimas duas décadas, conforme colocado por Bizerril, Rosa e Carvalho (2018). Documentos internacionais como a Agenda 21 mencionaram a importância da universidade em uma perspectiva de desenvolvimento sustentável, promovendo o fortalecimento político e econômico das comunidades em que as IES estão inseridas (SOUSA; CARNIELLO; ARAÚJO, 2012). Entre as ações propostas pela Agenda 21 Local para atender às estratégias de redução das desigualdades sociais, utilizando as universidades como ferramenta, estão:

> Criar política específica de fomento à cultura empreendedora procurando integrar as universidades e/ou centros de pesquisa com a população e com organizações da sociedade civil, no processo de desenvolvimento local integrado e sustentável" (BRASIL, 2002, p. 127); e
>
> Promover maior interação científica entre os centros de pesquisa, universidades e o setor produtivo (BRASIL, 2002, p. 136).

Nesse sentindo, as universidades precisam manter o ensino teórico em conformidade com as necessidades de desenvolvimento dentro dos padrões de sustentabilidades aceitáveis (ALMEIDA; MARIANO;

REBELATTO, 2006), mas se torna essencial que o grau de eficiência das ações realizadas seja atestado por meio de um sistema de monitoramento contínuo, uma vez que, como bem coloca Bizerril, Rosa e Carvalho (2018), para a universidade, a opção pela sustentabilidade não deve se dar por modismo, apenas para se adequar à legislação vigente ou para ter vantagem de competitividade no mercado, mas como efetiva renovação necessária ao planeta.

Segundo Nicolella et al. (2004), entende-se por Sistema de Gestão Ambiental (SGA) uma das formas de gerenciamento dos recursos naturais mais adotadas pelas organizações atualmente, visando a obtenção de uma certificação, regida pelas normas internacionais da série ISO 14 000, oficializada no Brasil pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) como série ISO 14 001/1996. Ainda sobre essa certificação, De Marco et al. (2010) destaca a necessidade da adaptação dessa proposta de sistematização de procedimentos à realidade das IES para tornar viável o controle dos impactos ambientais e a adequação dessas instituições aos princípios estabelecidos na legislação.

Fazendo jus a essa potencial propagação das IES em prol da conscientização ambiental, a instituição mundialmente considerada pioneira na implantação do Sistema de Gestão Ambiental, de acordo com Ribeiro et al. (2005), é a Universidade Mälardalen, na Suécia, certificada com a norma ISO 14 001. Já em termos de Brasil, De Marcos et al. (2010) traz o exemplo da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos), que tem sua importância como universidade precursora no país na implementação de um Sistema de Gestão Ambiental. Ainda segundo os autores, por intermédio do projeto Verde *Campus*, que atua na preservação e recuperação da qualidade ambiental, culminando no desenvolvimento socioeconômico, segurança do trabalho e proteção da vida, a Unisinos foi a primeira universidade da América Latina a ser certificada segundo a ISO 14 001.

3. METODOLOGIA

Esta pesquisa consiste em ser exploratória quanto aos objetivos, com técnica de coleta de dados bibliográfica e documental, com o intuito de obter maior proximidade com o universo do objeto de estudo que oferece informações e orienta a formulação das hipóteses da pesquisa.

A metodologia realizada para o alcance dos objetivos propostos consistiu em um levantamento bibliográfico relacionado ao tema, por meio de pesquisa em livros, capítulos, artigos e resumos científicos em sites acadêmicos disponibilizados na *web*.

Na primeira fase da pesquisa, foi definido que o método mais adequado seria o estudo múltiplo de casos, que oferece maiores subsídios para abordagem do tema em seus vários aspectos. Para fins de contextualização do conteúdo, foi feita uma consulta em obras que tratavam dos conceitos de meio ambiente, sustentabilidade e principais encontros e iniciativas nessa temática. Adicionalmente, procurou-se na literatura autores que discutissem as posturas e práticas ambientais desenvolvidas nas IES. Nessa fase, foram analisadas várias obras científicas, as quais possibilitaram a coleta de dados do presente estudo, por traduzirem referências diretas a estudos de casos em IES.

Na segunda fase da pesquisa, foram consultados os estudos de casos em 11 instituições do país que desenvolviam ações de sustentabilidade, localizadas nos seguintes Estados: Rio Grande do Sul (2); Distrito Federal (1); São Paulo (3); Minas Gerais (1); Pernambuco (2); Pará (1); e Santa Catarina (1), cujos critérios de inclusão para escolha das obras foram os seguintes:

- Práticas ambientais desenvolvidas em IES (independentemente de ser pública ou privada);
- Desenvolvimento de ações de sustentabilidade (independentemente da sua eficácia); e
- Desenvolvimento da pesquisa dentro de uma escala temporal preestabelecida entre os anos 2000 até os dias atuais.
- Em contrapartida, os critérios de exclusão foram:
- Desenvolvimento de práticas ambientais em instituições de pesquisa que não apresentam atividades de ensino; e
- Desenvolvimento de ações ambientais fora da escala temporal estabelecida.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a obtenção dos dados relativos à pesquisa, buscou-se na literatura autores que discutissem a postura e práticas de sustentabilidade

em IES no Brasil, o que originou um objeto de estudo incluindo 11 instituições com esse perfil e que atenderam aos critérios de inclusão estabelecidos neste trabalho, a saber: Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos), localizadas no Rio Grande do Sul; Universidade de Brasília (UNB), no Distrito Federal; Universidade de São Paulo (USP), Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP) e Universidade do Oeste Paulista (Unoeste), todas em São Paulo; Universidade Presidente Antônio Carlos (Unipac), no estado de Minas Gerais; Universidade de Pernambuco (UPE) e Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), ambas localizadas em Pernambuco; Universidade Federal do Pará (UFPA), no Pará; e Universidade Federal Fronteira do Sul (UFFS), em Santa Catarina. A Tabela 1 mostra as instituições investigadas nesta pesquisa e suas principais ações ambientais.

A UFRGS foi o objeto de estudo das obras de Ribeiro et al. (2005) e Sgarbi, Schlosser e Campani (2013). A pesquisa de Ribeiro et al. (2005), por ter sido realizada há mais de uma década, trata desse tema na supracitada universidade ainda na fase inicial, quando estava sendo implementado o Sistema de Gestão Ambiental (SGA) na instituição. Conforme os autores, naquele momento foi criado o Grupo Interdisciplinar de Gestão Ambiental (GIGA), que realizou um diagnóstico sobre os resíduos gerados e suas diferentes destinações nas unidades do *campus*; também nesse momento, houve o surgimento de algumas iniciativas pontuais, com predominância de projetos de gerenciamento de resíduos, como o sistema de Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos (GRSU), planejado por estudantes do curso de Engenharia de Materiais, que, apesar de ter iniciado com êxito, não permaneceu em funcionamento devido ao afastamento gradual dos envolvidos. Os autores mencionam, também, a criação de um Sistema de Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos na Escola de Administração, outra unidade da UFRGS, e destacam a existência de barreiras para uma possível implementação do SGA, como, por exemplo, a falta de informação da sociedade sobre o tema, bem como a não valorização do meio ambiente pelos colaboradores da universidade.

Tabela 1. Práticas ambientais aplicadas por IES

Instituição	Prática ambiental Desenvolvida	Referência Bibliográfica	*Análise da prática desenvolvida segundo o(s) autor(es)*	
			Pontos positivos	*Pontos negativos*
Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)	Funcionamento do SGA — Ênfase na Gestão de resíduos sólidos	Ribeiro et al., (2005)	Participação ativa dos estudantes de alguns cursos nas iniciativas ambientais.	Falta de informação da sociedade sobre o tema e não valorização do meio ambiente pelos envolvidos.
		Sgarbi, Schlosser e Campani (2013)	Melhorias contínuas nas ações ambientais	O retorno lento e de difícil mensuração
Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos)	Funcionamento do Sistema de Gestão Ambiental - SGA	Ruscheinsky e Gomes (2015)	Indicador de monitoramento contínuo de acordo com a ISO 14 001.	Não descrito pelos autores.
Universidade de Brasília (UNB)	Funcionamento da Gestão integrada de resíduos sólidos	Imbroisi et al.(2006)	Instalação da central de tratamento, recuperação e destinação final de resíduos químicos gerados.	Número elevado laboratórios que ainda descartam os resíduos erroneamente.
Universidade de São Paulo (USP)	Gestão de Resíduos Químicos, composteira e a Produção de Mudas, Uso Racional da Água, Uso Eficiente da Energia Elétrica, Coleta Seletiva USP Recicla, Gestão de Resíduos Sólidos e Trabalho de Percepção e Educação Ambiental, etc.	Otero (2010)	Adequação às propostas ambientais estabelecidas.	Ausência de um órgão centralizador das questões ambientais dos *campi*, bem como de uma política ambiental institucional formalizada pela gestão superior, que poderia fornecer diretrizes para uma atuação mais sustentável.
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (Unesp)	Algumas práticas para implantação do SGA	Moraes et al., (2015)	Redução dos gastos com energia e água; melhor reputação da instituição perante a sociedade no tema trabalhado.	A fase de implantação do SGA exigiu da IES altos recursos tanto financeiros, quanto humanos.

Tabela 1. Práticas ambientais aplicadas por IES

Instituição	Prática ambiental Desenvolvida	Referência Bibliográfica	*Análise da prática desenvolvida segundo o(s) autor(es)*	
			Pontos positivos	*Pontos negativos*
Universidade do Oeste Paulista (Unoeste)	Gerenciamento de resíduos Existência do Plano de Logística Sustentável (PLS)	Arana e Bizarro (2018)	Resíduos laboratoriais têm destinação adequada, conforme ANVISA, bem como tonner e cartuchos que têm recolhimentos específicos.	Gerenciamento de resíduos sólidos ocorre de forma pausada e desarticulada e alguns materiais são descartados sem tratamento adequado.
Universidade Presidente Antônio Carlos (Unipac), campus Barbacena.	Algumas atividades socioambientais que se antecipam à implantação do SGA, como separação de resíduos sólidos, manejo de resíduos de serviços de saúde, manejo de fossas sanitárias, atendimentos na área de saúde e bem-estar.	Neves Júnior e Teixeira (2015)	Envolvimento satisfatório da comunidade acadêmica específica da área de ciências naturais.	Dificuldades na implantação do SGA, advinda da falta de engajamento das outras áreas da academia.
Universidade de Pernambuco (UPE)	Ações de Educação Ambiental (EA) conciliadas com a extensão universitária	Teixeira et al. (2010)	Aceitação pela comunidade acadêmica e do entorno da IES	Não descrito pelos autores.
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)	Gerenciamento de resíduos e Educação Ambiental	Souza, Xavier e Oliveira (2018, no prelo)	Aspectos socioeconômicos e ambientais	Falta de infraestrutura dos prédios para amparar a gestão de resíduos recicláveis e também a baixa adesão da comunidade acadêmica na segregação correta desses resíduos
Universidade Federal do Pará (UFPA)	Educação Ambiental	Silva (2013)	Ampliação das ações de Educação Ambiental	Não descrito pelos autores.
Universidade Federal Fronteira do Sul (UFFS)	Algumas práticas de gestão de resíduos como a reutilização, reaproveitamento, reciclagem	Warken; Henn e Rosa (2014)	Índice geral de sustentabilidade de 53,09%, em uma escala de ações ambientais de 0% a 100%	Desenvolve poucas ações pontuais apenas para cumprimento da legislação vigente.

Sgarbi, Schlosser e Campani (2013), por outro lado, destacaram a ferramenta LAIA (Levantamento de Aspectos e Impactos Ambientais), desenvolvida em 2006 na instituição, como um instrumento útil para reforçar as ações desenvolvidas pelo SGA. Em seu trabalho, os autores apontam essa ferramenta como responsável pela melhoria contínua nos processos ambientais da instituição, uma vez que se adequa à realidade e às necessidades da UFRGS. Ademais, eles reforçam que essa iniciativa pode ser utilizada por outras instituições com diferentes estruturas, processos e produtos por ser de fácil adaptação a qualquer situação diagnosticada até o momento.

Situada em São Leopoldo, no Rio Grande do Sul, a Unisinos também tem seu destaque no que diz respeito à sustentabilidade. Neste sentido, foram Ruscheinsky e Gomes (2015) os autores a explanarem suas vivências, quando se propuseram a avaliar o compromisso dessa IES quanto à política de responsabilidade socioambiental, expondo-a como um movimento institucional diferenciado e ancorado em um processo social. Os autores apontaram o estreitamento entre o desenvolvimento da política ambiental dessa universidade com a ação global de educação, inclusive com contemplação no planejamento estratégico da instituição. Isso fica evidenciado em seu estudo quando mencionam o processo de educação desenvolvido na Unisinos com o olhar voltado à questão ambiental, refletido através de um Manual do SGA, com ênfase nos recursos humanos e financeiros para implementação e execução desse projeto. A pesquisa também revela que os indicadores para monitoramento e avaliação do plano de ação utilizados pela Unisinos visando à sustentabilidade, estão claramente de acordo com o estabelecido na ISO 14 001.

No Distrito Federal, a Universidade de Brasília (UnB), instituição que, segundo Imbroisi et al. (2006), até os anos 90, não desenvolvia nenhum tratamento dos resíduos químicos que produzia, teve seu Sistema de Gestão de Resíduos Químicos discutido por esses autores. Para eles, a prática ambiental foi criada na instituição com "três objetivos básicos: a) destinação ambientalmente adequada do passivo acumulado; b) a implementação de um sistema de gerenciamento de resíduos químicos; e c) a implementação da Central de Tratamento de Resíduos Químicos da UnB". Analisando o Sistema de Gestão de Resíduos Químicos da instituição, os autores inferiram que há previsão de um

alcance social de grande magnitude para desdobramentos de ações futuras nessa universidade nas áreas de: **ensino** — formação de recursos humanos especializados em tratamento e gerenciamento de resíduos em nível de graduação; **extensão** — serviços à comunidade, através da disponibilização de gerenciamento e tratamento de resíduos químicos a diversas entidades públicas e privadas do Distrito Federal e do entorno, programas de apoio à inserção social de pessoas sem qualificação profissional específica e oferta de cursos à comunidade; e **pesquisa** — desenvolvimento e otimização de métodos para tratamento de resíduos orgânicos e inorgânicos.

O objeto de estudo de Otero (2010) foi a Universidade de São Paulo (USP), que desenvolve duas formas de gestão ambiental. A autora, em sua dissertação de Mestrado, identificou práticas de sustentabilidade desenvolvidas no âmbito da instituição e analisou fatores institucionais condicionantes à sua implantação em seus *campi.* Através de seu trabalho, foi constatado que em 2004 surgiu a União dos Grupos Ambientais do Campus (UGA), com o intuito de articular os grupos de estágios e as iniciativas socioambientais atuantes no *campus*. Em sua dissertação, foi feito um mapeamento das ações sustentáveis desenvolvidas nas diversas unidades da USP e observadas várias iniciativas, como: a composteira e a produção de mudas; o Programa para Uso Racional da Água na USP (PURA); o Programa para Uso Eficiente da Energia Elétrica (PURE); o Programa de Coleta Seletiva (USP Recicla); a Gestão de Resíduos Sólidos; e o Trabalho de Percepção e Educação Ambiental. A articulação entre todas essas ações ocorreu com o surgimento, em 2004, da UGA, com foco na articulação dos grupos de estágio e iniciativas socioambientais existentes, originando a proposta de um Plano Diretor Socioambiental Participativo. Diante da análise de dados, a autora pôde considerar que através da articulação institucional, que é usada como estratégia para a gestão participativa, a questão ambiental foi inserida solidamente na pauta universitária e nas tomadas de decisão de seus *campi*. Assim, Otero (2010) conclui que a situação da USP no período da pesquisa traduz seu início gradual de entendimento do que é funcionar sobre bases sustentáveis.

A Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (Unesp) foi o foco da obra de Moraes et al. (2015), que desenvolveram sua pesquisa salientando o planejamento de um SGA com base na ISO 14 000,

padrão internacional com requisitos necessários para estabelecer e operar um SGA eficiente. Em seu trabalho, os autores utilizaram a ISO 14 000 para o desenvolvimento de ações na biblioteca de uma das unidades da Unesp. Os autores mostraram, através dos resultados, que a implantação do SGA trouxe benefícios à organização, envolvendo desde a redução dos custos com energia e água até o reconhecimento da instituição pela comunidade acadêmica e por outras instituições de ensino. Eles ressaltaram, ainda, as diversas dificuldades existentes para iniciar a implantação de um SGA eficaz. "Essa implementação envolve muito trabalho de estudos ambientais e documentação e exige da organização uma demanda muito alta de recursos, tanto financeiro, devido às mudanças necessárias para se adaptar aos requisitos, quanto humano" (MORAES et al., 2015).

Também em São Paulo, a Universidade do Oeste Paulista (Unoeste), situada na cidade de Presidente Prudente, desenvolve um trabalho de gestão ambiental representado no estudo de caso de Arana e Bizarro (2018), que discutiram os desafios e as principais formas de gerenciamento de resíduos sólidos como estratégia para uma Gestão Ambiental nessa universidade. Entre os resultados, foi possível verificar iniciativas de gerenciamento de resíduos sólidos, porém em uma frequência paulatina e desarticulada em relação ao montante de sua geração, além do fato de que os materiais são descartados como inservíveis, ou seja, sem o tratamento ideal ou práticas de redução, reutilização, reciclagem ou reeducação dos usuários.

Mais um exemplo de IES que desenvolve iniciativas bem-sucedidas de ordem sustentável é a Universidade Presidente Antônio Carlos (Unipac), *campus* Barbacena, no estado de Minas Gerais, que é o escopo da pesquisa de Neves Júnior e Teixeira (2015). Esses autores discorreram sobre o processo de implantação de um SGA na instituição. Eles verificaram que uma série de ações ambientais vem sendo realizada no *campus* Barbacena da Unipac, tais como: coleta seletiva; separação, armazenamento e destinação final de diversos tipos de resíduos; além de capacitação de funcionários e colaboradores sobre o uso racional de recursos do ambiente local. Assim, foi oferecido aos discentes um "Treinamento Profissional em SGA no *Campus*" no exercício de 2012, ocasião na qual eles desenvolveram estudos sobre normas ambientais como a série ISO 14 000, normatizações sobre resíduos sólidos e me-

todologias de SGA em organizações universitárias. Porém, Neves Júnior e Teixeira (2015) observaram que, bem como ocorreu em outras instituições, essa IES enfrentou dificuldades na implantação do SGA, principalmente no que se refere ao engajamento dos seus profissionais. Diante dessa realidade, os autores concluíram que é imprescindível, para que esses serviços de importância socioambiental tenham continuidade, que sejam intensificadas intervenções de sensibilização dos profissionais por parte dos orientadores. "Assim, este seria o maior desafio para a implantação de um SGA onde a integração dos setores acadêmicos e administrativos da IES fossem concretizados e pudessem manter um canal de comunicação fortalecido e duradouro" (NEVES JÚNIOR; TEIXEIRA, 2015. p. 06).

A Universidade de Pernambuco (UPE), situada no estado de Pernambuco, é mais uma IES a desenvolver práticas ambientais relevantes, sendo contemplada na obra de Teixeira et al. (2010), que relataram as experiências e ações do Projeto de Sensibilização Ambiental (PROSA), desenvolvido nessa instituição com o objetivo de conciliar a educação ambiental com o papel da extensão universitária, visando contribuir para a sensibilização ambiental e consciência ecológica da comunidade em torno da instituição. As ações organizadas por esse projeto incluíram: palestra sobre temas ambientais; oficinas com materiais recicláveis; exposição de artesanatos com materiais reciclados; movimento em prol do Rio Capibaribe; e exposição fotográfica sobre o tema. Segundo os autores, a culminância dessa prática sustentável foi a aceitação pelo público-alvo das ações desenvolvidas, despertando na comunidade local um olhar crítico acerca da situação ambiental e contribuindo para a formação de discentes conscientes da responsabilidade socioambiental de cada um.

A Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), principal instituição de ensino superior das regiões Norte e Nordeste do País, tem suas experiências ambientais descritas no trabalho de Souza, Xavier e Oliveira (2018, no prelo), que se propuseram a relatar as ações ambientais desenvolvidas nessa IES para implantação de um Programa de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS). Para o alcance desse propósito, o trabalho destaca algumas ações sustentáveis consolidadas que vêm sendo realizadas na instituição, como a gestão de resíduos infectantes, químicos, pilhas e baterias, cartuchos, toners e medicam-

entos; outras, que estão parcialmente implantadas, envolvem a gestão de recicláveis e biomassa. Adicionalmente, segundo os autores, existem algumas que estão sendo planejadas ou que se encontram em fase inicial de implantação, como a gestão de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos, de construção civil e de águas residuárias. Os autores também relatam práticas ambientais paralelas realizadas na instituição, a exemplo de campanhas de educação ambiental, que configuram iniciativas necessárias à sensibilização da comunidade acadêmica, envolvendo cada indivíduo no processo socioambiental. Dessa forma, a UFPE caminha com as ações ambientais inserindo a instituição no cenário nacional de sustentabilidade socioambiental.

Outra instituição que teve seu estudo de caso analisado para a presente pesquisa foi a Universidade Federal do Pará (UFPA), escopo do trabalho de Silva (2013), que buscou investigar a experiência de inserção da Educação Ambiental (EA) no currículo do curso de graduação em Pedagogia da referida organização. A autora, em sua análise, indicou que houve ampliação na abordagem da EA dentro dessa universidade, tanto qualitativa quanto quantitativamente, porém não de forma regular e sistemática. Outra conclusão desse estudo foi a constatação de que as discussões sobre EA se restringiam ao Núcleo Eletivo que comporta as disciplinas da área, dificultando a coerência teórico-prática do tema, fato que, segundo a autora, culmina na ausência de articulação entre a formação teórica e as práticas decorrentes dessa formação, distanciando a percepção teórica e o comportamento dos indivíduos, além de prejudicar as contribuições para a formação dos futuros educadores.

A Universidade Federal Fronteira do Sul (UFFS) teve sua experiência de gestão ambiental do *campus* de Chapecó, em Santa Catarina, abordada no trabalho de Warken, Henn e Rosa (2014), que desenvolveram um estudo com o objetivo de avaliar o nível de sustentabilidade ambiental dessa instituição. Nessa análise, uma preocupação elencada pelos autores foi a identificação das práticas de gestão ambiental aplicadas na instituição investigada, entre as quais a reutilização, o reaproveitamento, a reciclagem e a diminuição da agressão ao meio ambiente, que parecem ser desenvolvidas apenas por estarem ligadas às exigências coercitivas da legislação. Aplicando a fórmula do Modelo Ambiental de Sustentabilidade Socioambiental (MASS), elaborada

por Freitas (2013, apud WARKEN; HENN; ROSA, 2014), que classifica a sustentabilidade em três graus — deficitário, regular e adequado —, os autores demonstraram que a instituição está enquadrada como "regular" ao apresentar, em uma escala de 0% a 100%, o índice geral de sustentabilidade de 53,09%. De acordo com os critérios estabelecidos por Freitas (2013, apud WARKEN; HENN; ROSA, 2014), a UFFS apenas cumpre os requisitos legais no que diz respeito às questões de sustentabilidade ambiental. Dessa forma, a pesquisa foi finalizada com uma análise geral do quadro de sustentabilidade da UFFS, evidenciando certa deficiência na aplicação da sustentabilidade, sendo apontados como fatores condicionantes para essa dificuldade e escassez de habilidades ambientais, a falta de inovação de práticas ambientais aplicáveis ao segmento, de planejamento e de ferramentas de avaliação e de controle.

5. CONCLUSÕES

A partir dos resultados, percebe-se que as IES do Brasil desenvolvem ações ambientais específicas e pontuais e que a literatura não traz regularmente trabalhos do tema vinculado a essas instituições. Apesar da não regularidade na publicação de ações ambientais desenvolvidas pelas IES, o presente trabalho demonstra um aumento no número de universidades envolvidas no tema.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. R.; MARIANO, E. B.; REBELATTO, D. A. N. Ferramenta para calcular a eficiência: um procedimento para engenheiros de produção. **XXXIV COBENGE**. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2006.

ARANA, A. R. A.; BIZARRO, L. M. C. E. Os Desafios da Gestão Ambiental na Universidade. **Revista Gestão e sustentabilidade Ambiental**. Florianópolis, v. 7, n. 1, p. 559-579, jan./mar. 2018.

BARBIERI, José Carlos. **Gestão ambiental empresarial:** conceitos, modelos e instrumentos. 2. ed. rev. e atual. São Paulo: Saraiva, 2006.

BIZERRIL, M.X. A.; ROSA, M. J.; CARVALHO, T. Construindo uma universidade sustentável: uma discussão baseada no caso de uma universidade portuguesa. **Avaliação**, v.23, n.2, p.424-447, 2018.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal, 1988.

BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. 1981. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm. Acesso em: 09 set 2018.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Agenda 21 brasileira**. **Resultado da Consulta Nacional**, Brasília: MMA/PNUD 2002. P. 156. Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/agenda21/_arquivos/resultcons.pdf. Acesso em: 06 out. 2018.

BRASIL. Câmara dos Deputados. Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento: **Agenda 21**. Brasília: 1995.

BRUNDTLAND, Gro Harlem. **Comissão Mundial Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento: Nosso futuro comum**. 2.ed. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1991. https://pt.scribd.com/doc/12906958/Relatorio-Brundtland-Nosso-Futuro-Comum-Em-Portugues. Acesso em: 05 out. 2018.

CORDEIRO, I D.; LEITE, N. K., PARTIDÁRIO, M. R. Instrumentos de avaliação de sustentabilidade de destinos turísticos: uma revisão de literatura. **Caderno Virtual de Turismo – IVT,** Rio de Janeiro, 2010. v 10, n. 2, p. 49-64. Disponível em: http://www.ivt.coppe.ufrj.br/caderno/index.php/caderno/article/view/412. Acesso em: 29 set. 2018.

DAMBRÓS, M. M. G.; SENNA, A. J. T.; ALVES, R. R. Gestão ambiental no setor público: percepção dos servidores da Prefeitura Municipal de São Gabriel (RS). **REGET/UFSM**, v.18, n. 2, Mai-Ago. p.674-689, 2014.

DE MARCO, D. et al. Sistemas de gestão ambiental em instituições de ensino superior. **Unoesc & Ciências – ACET**, v. 1, n. 2, p. 189-198, jul./dez, 2010. Disponível em: https://editora.unoesc.edu.br/index.php/acet/article/viewFile/563/pdf_82. Acesso em: 28 set. 2018.

FENKER, E. A.; DIEHL, C. A.; ALVES, T. W. Um estudo empírico sobre gestão de custos e riscos ambientais. **XVI Congresso Brasileiro de Custos**, Fortaleza, 2009.

GONÇALVES, Maria Denise Abeijon Pereira. **A Gestão Pública sob o novo paradigma da eficiência**. Conteúdo Juridico, Brasilia-DF: 23 abr. 2012. Disponivel em: <http://www.conteudojuridico.com.br/?artigos&ver=2.36535&seo=1>. Acesso em: 31 ago. 2018.

IMBROISI, D.; SANTOS, A. J. M. G. ; PONCE, G. E. ; MONTEIRO, H. J. ; SHINTAKU, S. F. Gestão de Resíduos Químicos em Universidades: Universidade de Brasília em Foco. **Química Nova**, v. 29, p. 404-409, 2006.

KOROSSY, N. Do "turismo predatório" ao "turismo sustentável": uma revisão sobre a origem e a consolidação do discurso da sustentabilidade na atividade turística. **Caderno Virtual de Turismo,** v. 8. n.2. p. 56-68, 2008.

LIMA, R. T. **Percepção ambiental e participação pública na gestão dos recursos hídricos: perfil dos moradores da cidade de São Carlos, SP (bacia hidrográfica do rio do Monjolinho).** Dissertação (Mestrado) – PPG-SEA – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo. 114 p., São Carlos, 2003.

LOVARATO, M. L.A. **Benchmais 2. As 198 melhores práticas em gestão socioambiental do Brasil**. Ed. 1. São Paulo: Mais Projetos Gestão e Capacitação Socioambientais, 2011.

MARTINS, S. G.; SANTOS, A. S.; CARVALHO, L M. **O benchmarking e sua aplicabilidade em unidades de informação:** uma abordagem reflexiva. Natal: INTERFACE, 2010.

MORAES, C. S. B. M. et al. Universidade Sustentável (SGA): Benefícios e Oportunidades. **8º Congresso de Extensão Universitária da UNESP.** São Paulo. 2015.

NEVES JÚNIOR, B.; TEIXEIRA, V. L. R. Desenvolvimento de um Sistema de Gestão Ambiental – SGA para o Campus Barbacena, universidade "Presidente Antônio Carlos. **XII Congresso Nacional de Meio Ambiente de Poços de Caldas**. Poço de Caldas – Minas Gerais. 2015.

NICOLELLA, G.; MARQUES, J. F.; SKORUPA, L. A. **Sistema de gestão ambiental**: aspectos teóricos e análise de um conjunto de empresas da região de Campinas, SP, Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 42p, 2004.

OTERO, G. G. P. **Gestão Ambiental em Instituições de Ensino Superior:** práticas dos *campi* da Universidade de São Paulo. 2010. 174 fls. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

QUINTAS, José Silva. **Introdução à gestão ambiental pública**. 2ª ed. Brasília: Ibama, 2006.

RIBEIRO, L. A. et al. Avaliação de barreiras para implementação de um sistema de Gestão ambiental na UFRGS. XXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Porto Alegre, Out-Nov, 2005. Disponível em http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2005_enegep1002_1755.pdf. Acesso em: 04 out. 2018.

RIBEIRO, A. S. S. et al. Utilização dos recursos naturais por comunidades humanas do Parque Ecoturístico do Guamá, Belém, Pará. **Acta Amazônica**, p.235-240, Belém, 2007.

RUSCHEINSKY, A.; GOMES, L. P. Investigação de Indicadores de sustentabilidade: trajetória da unisinos na referência à política dos fluxos da responsabilidade socioambiental. **Revista Contrapontos - Eletrônica**, Vol. 15 - n. 2 - Itajaí, mai-ago 2015.

SANTOS, F. M. C. **Benchmarking ambiental e de sustentabilidade para Campus Universitários - Caso de estudo da FCT-UNL**. Lisboa: 2009.

SGARBI, M.; SCHLOSSER R.;CAMPANI, D. B. Implantação do sistema de gestão ambiental em uma universidade pública no Rio Grande do Sul, Brasil. **AUGMDOMUS**. Asociación de Universidades Grupo Montevideo. V. 5. 2013.

SILVA, M.L. A educação ambiental no ensino superior brasileiro: do panorama nacional às concepções de alunos (as) de pedagogia na Amazônia. **Rev. Eletrônica Mestr. Educ. Ambient.**, v. especial, mar 2013.

SOUSA, M. G. B.; CARNIELLO, M. F.; ARAÚJO, E. S. O papel das instituições de ensino superior no desenvolvimento sustentável. **Revista Cereus**. v.4, n. 3. p. 24-5, 2012.

SOUZA, C. C.; XAVIER, M. F.M.; OLIVEIRA, M. B. M. Gerenciamento de Resíduos na Universidade Federal de Pernambuco: avanços e desafios. I**I National Workshop on UI GreenMetric for Universities in Brasil**. São Paulo: Universidade de São Paulo – USP. 2018. No prelo.

TAUCHEN J.; BRANDLI, L. L. A gestão ambiental em instituições de ensino superior: modelo para implantação em campus universitário. **Gestão e Produção**, vol.13, n.3, pp.503-515, 2006.

TEIXEIRA, S. F.; BRITO, C. C. P.; RIBEIRO, T. D. L.; CAMPOS, S. S. Educação ambiental e extensão universitária: a vivência do PROSA. **Seminário Nacional de Meio Ambiente e Extensão Universitár**ia, Marechal Cândido Rondon. SENAMA 2010.

WARKEN, I. L. M.; HENN, V. J.; ROSA, F. S. Gestão da Sustentabilidade: Um Estudo sobre o Nível de Sustentabilidade Socioambiental de uma Instituição Federal de Ensino Superior. **Revista de Gestão, Finanças e Contabilidade**, UNEB, Salvador, v. 4, n. 3, p. 147166, set./dez., 2014.

2.2 CRIANDO MODELOS DIDÁTICOS COM RESPONSABILIDADE SOCIOAMBIENTAL

MELO, Sandra de Souza
Doutora em Pedagogia
Departamento de Expressão Gráfica da Universidade Federal de Pernambuco (DEG/UFPE)
sandra@ufpe.br

GALVÃO, Thyana Farias
Doutora em Psicologia
Departamento de Expressão Gráfica da Universidade Federal de Pernambuco (DEG/UFPE)
tf.galvao@gmail.com

RESUMO

O Projeto de Extensão "A Expressão Gráfica como Auxílio no Desenvolvimento da Coordenação Motora Fina na Alfabetização de Crianças em Situação de Risco do Coque" trata da criação e utilização de recursos didáticos em Expressão Gráfica voltados para o desenvolvimento de crianças em fase de alfabetização. As ações do projeto foram desenvolvidas de forma interdisciplinar: recursos didáticos foram elaborados por alunos matriculados na disciplina Modelos Didáticos e Sustentabilidade, componente curricular obrigatório do curso de Licenciatura em Expressão Gráfica da UFPE. O plano de ensino da disciplina contemplava, a partir da visita ao local de realização do Projeto Crescer, um diálogo com a professora das crianças e exigia a utilização da premissa da sustentabilidade na concepção dos modelos didáticos. Os modelos foram apresentados em uma sessão pública e seus autores receberam contribuições de melhorias nos projetos. Após o aperfeiçoamento dos modelos didáticos, os licenciandos fizeram a formação da professora para a utilização destes em sala de aula. Os objetivos foram plenamente alcançados e os modelos didáticos, produzidos a partir do aproveitamento de material reciclado, são amplamente utilizados no dia a dia das crianças, pois apresentam cores, formas, atividades atrativas e educativas para o desenvolvimento da leitura, do reconhecimento geométrico e do raciocínio matemático de somar, subtrair, multiplicar e dividir.

PALAVRAS-CHAVE: reaproveitamento, recursos didáticos, sustentabilidade.

1. INTRODUÇÃO

O Projeto de Extensão "A Expressão Gráfica como Auxílio no Desenvolvimento da Coordenação Motora Fina na Alfabetização de Crianças em Situação de Risco do Coque" trata da criação e utilização de recursos didáticos em Expressão Gráfica voltados para a contribuição no desenvolvimento da coordenação motora fina de crianças em fase de alfabetização. O público-alvo é composto por crianças na faixa etária dos três aos dez anos, todas residentes na comunidade do Coque, no Recife, que apresentam dificuldades e deficiência na leitura e escrita e que são atendidos no Projeto Crescer, realizado na Igreja Batista Imperial. Esse projeto se apresenta como uma oportunidade para que o aluno licenciando (em formação pela UFPE) coloque em prática os conhecimentos adquiridos no curso de Licenciatura em Expressão Gráfica, que o capacita para a criação de recursos didáticos voltados para o ensino fundamental, além de promover a interdisciplinaridade entre as áreas específicas de geometria e da metodologia da alfabetização, ou seja, trabalhando diretamente conteúdos do ensino básico.

No segundo semestre de 2017, as ações do projeto foram desenvolvidas de forma interdisciplinar: os recursos didáticos foram elaborados por alunos matriculados na disciplina Modelos Didáticos e Sustentabilidade (componente curricular obrigatório do curso de Licenciatura em Expressão Gráfica, com carga horária total de 45 horas), cuja ementa contempla o desenvolvimento de modelos didáticos (reais e/ou digitais) que contribuam para o entendimento dos alunos em situações reais.

Pode-se dizer que, de maneira ampla, a disciplina assume que a elaboração e utilização de modelos didáticos possibilitam a experimentação, o que, por sua vez, permite que os estudantes relacionem teoria (leis, princípios, etc.) e prática (trabalhos experimentais). Como consequência há uma melhor compreensão dos conceitos, além do desenvolvimento de habilidades, competências e atitudes. Quando se trata de uma figura tridimensional, por exemplo, a partir do momento que o aluno pode tocar e movimentar, ele passa a compreender o que não é visto nas figuras dos livros; quando ele recebe recursos para montar a figura, passa a perceber os próprios métodos necessários para a construção no papel, facilitando o processo de ensino-aprendizagem em diferentes níveis de formação, não apenas no ensino fundamental.

O interessante é que a contribuição do uso de modelos didáticos ocorre em diversas áreas do conhecimento. De acordo com Justina (2006), entre "as necessidades formativas, apontadas por professores de Ciências, em formação inicial e contínua, está a proposição de recursos didáticos visando facilitar o processo de ensino e aprendizagem". Isso indica que não apenas as áreas de desenho geométrico e matemática têm a necessidade de modelos físico-didáticos para ajudar a compreensão de seus conteúdos, mas também as áreas das ciências da natureza (Biologia) e ciências humanas (Geografia). A manipulação de modelos didáticos, portanto, é uma alternativa viável para diversas áreas do conhecimento.

A programação da disciplina para o segundo semestre de 2017 considerava, a partir de uma visita ao local de realização do Projeto Crescer, um diálogo com a professora das crianças matriculadas no projeto e exigia a utilização da premissa da sustentabilidade (reaproveitamento de materiais: carcaça de computadores, tampas de refrigerante PET, bandeja de ovos, etc.) na concepção dos modelos didáticos.

Ao final da disciplina, todos os modelos foram apresentados numa sessão pública e seus autores receberam contribuições de melhorias nos projetos e, no primeiro semestre de 2018, após os modelos didáticos serem aperfeiçoados, os próprios licenciandos fizeram o treinamento da professora para a utilização dos modelos em sala de aula com o público-alvo. Esse encontro de formação foi realizado no local de realização do Projeto Crescer, onde 100 crianças são atendidas semanalmente.

Os objetivos foram plenamente alcançados e os modelos didáticos, produzidos a partir do aproveitamento de material reciclado, são amplamente utilizados no dia a dia das crianças, pois apresentam cores, formas, atividades atrativas e educativas para o desenvolvimento da leitura, do reconhecimento geométrico e do raciocínio matemático para as operações de soma, subtração, multiplicação e divisão.

Vale destacar a oportunidade da participação dos licenciandos na elaboração de recursos para uma situação real e com a consciência da responsabilidade socioambiental no reaproveitamento de materiais.

2. A ELABORAÇÃO DE MODELOS DIDÁTICOS SUSTENTÁVEIS COMO RECURSO PARA O ENSINO

Segundo o dicionário *Aurélio* (FERREIRA, 1999), a palavra "modelo" consiste em: "objeto destinado a ser reproduzido por imitação,

aquilo que serve de exemplo ou norma". Já modelo didático, de acordo com Santos Jr. (2008), é:

> [...] a apresentação do fazer do professor, esquema mediador entre a realidade e o pensamento do professor. Deste modo, o modelo didático é caracterizado pela estrutura onde se organiza o conhecimento do professor tendo um caráter provisório e de aproximação com uma realidade (SANTOS JR, 2008, p. 01).

Os modelos didáticos representam uma visão simplificada de uma ideia, objeto, evento, processo ou sistema que se constitua em objeto de estudo, visando favorecer o processo de aprendizagem significativa por parte dos alunos. Deveriam, portanto, ser um dos recursos mais utilizados no conteúdo de geometria gráfica, uma vez que possibilitam a diminuição da abstração dos assuntos e aproximação dos alunos, fazendo com que possam manipular e ter uma visão tridimensional do que está sendo aplicado em sala de aula. Assim, o modelo permite ao aluno ser ativo no processo de construção de conhecimentos e atribui ao professor a responsabilidade de criar situações que estimulem e facilitem sua aprendizagem.

Com relação ao ensino de desenho geométrico, ao observarmos certo distanciamento entre os conceitos geométricos e a sua prática no cotidiano escolar, notamos que a maioria das dificuldades no ensino ocorre pela falta dos materiais mínimos para a execução das aulas, até mesmo livros apropriados com os conteúdos do desenho geométrico. Algumas pesquisas apontam também as dificuldades que os alunos enfrentam ao tentar compreender os conteúdos vistos em sala de aula. Guillen (2013, p. 02) enfatiza que:

> No estudo da Geometria, tanto no ensino fundamental como no ensino médio, os alunos possuem dificuldades de entender os conceitos e aplicações que envolvem os conteúdos estudados. Desde as séries iniciais os professores geralmente trabalham com as figuras e objetos planos. As figuras mais conhecidas e geralmente trabalhadas em sala de aula são: o quadrado, o círculo e o triângulo, no entanto esses são conceitos abstratos para o aluno (GUILLEN, 2013, p. 02).

Cabe ao professor fazer a intermediação desses conceitos buscando meios e métodos de interligar a teoria com a prática, possibilitando que os alunos possam desenvolver as suas próprias capacidades e saberes de uma forma individualizada, deixando de ser um aluno passivo repetidor para ser um aluno ativo. A respeito disso, Souza (2001, p. 07) afirma que:

> [...] teoria e prática constituem um todo único, produzido na dinâmica da evolução humana em um contexto e em um tempo. Não há prevalência de uma sobre a outra, há interdependência. Não há determinação de uma em relação à outra, há reciprocidade. Não há reticências de uma para a outra, há dinamicidade (SOUZA, 2001, p. 07).

Um fator que também contribui para a deficiência com os conteúdos de geometria é a falta de profissionais capacitados para o ensino e que busquem novas formas e métodos capazes de auxiliar o aprendizado. A utilização de metodologias inovadoras para o ensino da geometria se mostra importante para estimular os alunos a pensarem e produzirem novos conhecimentos e está sendo inserida na prática pedagógica a fim de contextualizar e problematizar os conteúdos. Utilizar estratégias lúdicas (jogos e modelos didáticos) é uma alternativa capaz de promover a motivação da aprendizagem, pois esses recursos se dispõem a suprir a necessidade da escola, fazendo com que os alunos tenham uma visão mais clara dos assuntos, despertando-os para o raciocínio, a memorização e a construção do conhecimento cognitivo, físico, social, psicomotor e emocional, além de inspirar a criatividade. De acordo com as orientações Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (BRASIL, 2006, p. 28):

> [...] o jogo oferece o estímulo e o ambiente propícios que favorecem o desenvolvimento espontâneo e criativo dos alunos e permite ao professor ampliar seu conhecimento de técnicas ativas de ensino, desenvolver capacidades pessoais e profissionais para estimular nos alunos a capacidade de comunicação e expressão, mostrando-lhes uma nova maneira, lúdica, prazerosa e participativa de relacionar-se com o conteúdo es-

> colar, levando a uma maior apropriação dos conhecimentos envolvidos. (BRASIL, 2006, p. 28).

Diante do exposto, durante a elaboração do projeto pedagógico do curso de Licenciatura em Expressão Gráfica da UFPE, os docentes proponentes do projeto sugeriram a criação da disciplina de Modelos Didáticos e Sustentabilidade, buscando oferecer aos discentes um diferencial no currículo: elaboração de modelos didáticos sustentáveis, considerando que o conteúdo de Educação Ambiental deve estar presente em todos os níveis e modalidades de ensino (por exigência legal e o estabelecimento de Diretrizes Curriculares Nacionais específicas). Afinal, os princípios e objetivos da Educação Ambiental estão incorporados aos princípios gerais da Educação contidos na Lei 9394, de 20 de dezembro de 1996, que dispõe sobre a Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB) e assevera, em seu art. 32, que o ensino fundamental terá por objetivo a formação básica do cidadão mediante: "(...) II – a compreensão do ambiental natural e social do sistema político, da tecnologia das artes e dos valores em que se fundamenta a sociedade" (BRASIL, 1996, art. 32). A Educação Ambiental avança na construção de uma cidadania responsável, estimulando interações mais justas entre os seres humanos e os demais seres que habitam o planeta, para a construção de um presente e um futuro sustentáveis, sadios e socialmente justos.

A sustentabilidade ambiental pode ser definida como a capacidade que o ambiente natural tem de manter as condições de vida para as pessoas e outras espécies e a qualidade de vida para o seu conjunto, tendo em conta a habitabilidade, a beleza do ambiente e a sua função como fonte de elementos renováveis. Ela deve ser praticada pela sociedade como um todo, incluindo os indivíduos, os governos, as indústrias, as empresas, as escolas, etc. Atos simples como a seleção dos resíduos gerados nas casas e outros ambientes humanos significam a diferença entre uma possível destruição ou manutenção do equilíbrio ambiental, contribuindo para a geração de elementos renováveis. O reaproveitamento de elementos descartados como lixo favorece a sustentabilidade, pois reutiliza recursos já industrializados (MELO, 2013).

Os recursos didáticos desenvolvidos nessa ação interdisciplinar entre a Extensão e a Graduação acompanham o pensamento de Melo (2013), que destaca a importância das chamadas 3R's:

> As ações chamadas de 3R's provocam pequenas mudanças no cotidiano para garantir uma vida melhor para as futuras gerações, começando pelo ato de *Reduzir* o consumo. A única maneira real de sustentabilidade é aquela que começa pela educação do consumidor quanto à necessidade de buscar um equilíbrio entre sua satisfação pessoal e a sustentabilidade do planeta. O segundo R é o de *Reutilizar*, que nada mais é do que dar utilidade a coisas que você não usa mais doando a outra pessoa que as necessite, ou mesmo dando novas aplicações a coisas antigas. O terceiro R, *Reciclar*, implica em ajudar a diminuir a quantidade de resíduos que vão para os lixões, contribui para a diminuição da demanda de matérias primas. (MELO, 2013, p.05).

A utilização dos jogos e brincadeiras como recurso pedagógico pode contribuir para o desenvolvimento das crianças, tais como: aprender a resolver problemas, respeitar regras, interagir socialmente, desenvolver sua autoconfiança, ter empatia, entre outros. A aprendizagem lúdica traz a sensação de prazer: os alunos sentem-se motivados e, muitas vezes, passam a perceber que aprender não é uma obrigação e pode ser algo prazeroso e divertido.

As principais características de um jogo são: um sistema de linguagens, que pode ser interpretado de forma diferente dependendo do contexto social e cultural do jogador; a existência de regras, uma característica marcante e fundamental para um jogo, pois é através das regras que é feito todo esquema para ele funcionar de acordo com o objetivo proposto; e um objeto, seja ele físico ou virtual.

Kishimoto (2011) defende a utilização de jogos como recurso didático:

> O jogo como promotor da aprendizagem e do desenvolvimento passa a ser considerado nas práticas escolares como importante aliado para o ensino, já que colocar o aluno diante de situações de jogo pode ser uma boa estratégia para aproximá-lo dos conteúdos culturais a serem veiculados na escola, além de poder estar promovendo o desenvolvimento de novas estruturas cognitivas (KISHIMOTO, 2011, p.41).

Quando o jogo é criado com a intenção de ter circunstâncias lúdicas a fim de contribuir para o desenvolvimento de certos tipos de aprendizagem, surge então, o sentido educativo. Para a função educativa ocorrer, é necessário que a ação intencional da criança para brincar seja mantida, logo, o educador estará incentivando as situações de aprendizagem. Entretanto, é imprescindível ser prudente ao aplicar os jogos em sala de aula: o cuidado para que as funções lúdica e educativa ocorram deve existir bem antes de se chegar ao ambiente escolar, sendo fundamental o planejamento prévio de sua utilização, de modo que as possíveis situações que possam ocorrer sejam previstas.

3. METODOLOGIA

O Projeto de Extensão "A Expressão Gráfica como Auxílio no Desenvolvimento da Coordenação Motora Fina na Alfabetização de Crianças em Situação de Risco do Coque" e a disciplina Modelos Didáticos e Sustentabilidade, ministrada no segundo semestre de 2017, ocorreram de forma simultânea. As ações, em cada uma destas instâncias, trataram de apoiar a educação não formal de crianças em situação de risco do Coque, por meio da geração de recursos didáticos e da participação nas atividades realizadas no *Projeto Crescer* (Figura 1).

As instalações físicas da Igreja Batista Imperial (IBI) são utilizadas pelo Projeto Crescer em seu contexto específico, no qual 100 crianças dos três aos dez anos são atendidas em turmas separadas por faixa etária. Cada grupo participa das atividades do projeto duas vezes por semana no turno oposto ao que frequentam a escola regular. A parceria entre o Projeto de Extensão e a IBI permitiram a atuação junto ao Projeto Crescer.

Pode-se afirmar que no Projeto de Extensão tivemos o amparo da pesquisa-ação, pois essa, enquanto metodologia, agrega várias técnicas de pesquisa social, utilizando-se de procedimentos de coleta e interpretação dos dados, da intervenção na solução de problemas e da organização de ações, bem como de técnicas e dinâmicas de grupo para trabalhar com a dimensão coletiva e interativa na produção do conhecimento e programação da ação coletiva (BALDISSERA, 2001).

Segundo Tripp (2005), a pesquisa-ação requer ações tanto nas áreas da prática quanto da pesquisa, de modo que, em maior ou menor medida, apresenta características tanto da prática rotineira quanto da pesqui-

sa científica. Nesse sentido, trabalhamos realizando reuniões periódicas para discutir os aspectos teóricos que respaldaram nossas atividades: coletar, discutir, adaptar e elaborar atividades voltadas para o desenvolvimento da coordenação motora fina das crianças; decidir junto à professora das crianças do projeto as atividades e jogos para facilitar a identificação, aprendizagem, compreensão das letras e sons; e atendendo demandas específicas, como as surgidas na área da aprendizagem matemática. Para tal, realizamos reuniões periódicas para discussão de aportes teóricos sobre os recursos a serem aplicados e sua metodologia, a partir do perfil de nível de alfabetização que os alunos apresentaram.

Figura 1. Participação nas atividades do Projeto Crescer.

Fonte: autoras (2017).

O programa da disciplina Modelos Didáticos e Sustentabilidade, componente curricular obrigatório do curso de Licenciatura em Expressão Gráfica da UFPE, apresenta como objetivo a apropriação de base teórica e prática para o desenvolvimento de modelos didáticos ambientalmente sustentáveis e sugere a utilização de uma metodologia que contemple aulas expositivas com produção de recursos didáticos a partir da discussão dos conceitos de educação ambiental.

Os jogos desenvolvidos na disciplina de Modelos Didáticos e Sustentabilidade foram criados a partir de uma visita diagnóstica efetuada em uma turma de crianças com idades entre seis e oito anos, no segundo semestre do ano de 2017, e foram apresentados à professora do projeto e aos voluntários em uma oficina ministrada pelos próprios alunos da Licenciatura em Expressão Gráfica. É importante citar que o projeto de extensão continuou em andamento em 2018 com a mesma parceria com a disciplina ofertada pelo curso de Graduação. Contudo, os alunos desenvolveram jogos de tabuleiro com temas voltados a compreensão de conceitos voltados para a educação ambiental.

A partir do diagnóstico e dos acordos feitos com a professora responsável no Projeto Crescer, foram definidos com os alunos os jogos educativos para o auxílio no ensino de conteúdos matemáticos como formas geométricas, operações de adição, subtração, divisão e multiplicação, com o auxílio também na alfabetização (Figura 2). Os jogos criados foram entregues ao projeto e são utilizados cotidianamente pelas crianças em suas atividades lúdico-educativas.

Figura 2. Diagnóstico inicial realizado pelos participantes da disciplina Modelos Didáticos e Sustentabilidade em 2017.2

Fonte: autoras (2017).

Na geração de recursos didáticos que auxiliaram na aprendizagem matemática, foi priorizada a utilização de cores e aspectos semelhantes aos jogos de entretenimento utilizados pelas crianças. Além disso, era necessária uma consulta ao site público **Materiais para Modelos Didáticos** (disponível em: http://modelosdidaticosuf.wixsite.com/modelosdidaticos), desenvolvido no segundo semestre de 2015, durante a disciplina de Modelos Didáticos e Sustentabilidade (Figura 3). Nesse site, os alunos incluíram suas pesquisas individuais acerca dos diversos materiais que poderiam ser utilizados na confecção dos modelos didáticos. A característica básica do site é a atemporalidade, ou seja, ele deve ser usado independentemente do semestre que a disciplina seja ministrada.

Figura 3. Site criado na disciplina Modelos Didáticos e Sustentabilidade, em 2015.

Fonte: Disponível em <http://modelosdidaticosuf.wixsite.com/modelosdidaticos>. Acesso em 10 de out.2018

Situações de ludicidade auxiliam na fixação de conteúdos, tal como defende Albuquerque (1954), pois o uso de materiais didáticos ajuda

na fixação e exercício da aprendizagem, desenvolvendo algumas noções sobre o conteúdo.

> A necessidade de uma abordagem mais interativa e dinâmica é justificada pela neuropedagogia que afirma que o ato de ensinar deve provocar o cérebro, estimulando-o com experiências sensoriais para que o conhecimento se concretize (Andrade, 2014 apud MELO; MEDEIROS, 2018, p. 09).

Os alunos desenvolveram os jogos voltados para os usuários e apresentaram suas propostas no final do semestre letivo. Todos receberam sugestões de melhorias das propostas e tiveram um tempo para adaptarem-se as críticas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo Jacobi (2003), os impactos negativos causados pelo ser humano no ambiente estão se tornando cada vez mais complexos para a natureza. Levando isso em consideração, vale destacar que a educação ambiental, apesar de não ser o suficiente, pode ter função transformadora na mudança dessa realidade.

> A relação entre meio ambiente e educação para a cidadania assume um papel cada vez mais desafiador, demandando a emergência de novos saberes para apreender processos sociais que se complexificam e riscos ambientais que se intensificam (JACOBI, 2003, p. 196).

Assumindo essa perspectiva, a disciplina de Modelos Didáticos e Sustentabilidade faz uma abordagem sobre a importância da reutilização responsável de materiais que iriam para lixo na confecção dos recursos didáticos, como se pode observar na Figura 4.

Figura 4. Jogo Batalha das Operações – utilização de descarte de computador e papel Color Plus.

Fonte: autoras (2017).

Os jogos produzidos na disciplina de Modelos Didáticos e Sustentabilidade proporcionaram aos licenciandos a oportunidade para realizar uma reflexão sobre os impactos ambientais dos materiais descartados e a realização do aproveitamento desses recursos para a criação de material didático (Figura 5).

Figura 5. Jogo Geoprofissões - tampinhas de garrafa, caixa de ovos, papelão, E.V.A.

Fonte: autoras (2017).

Os estudantes e professores que têm acesso aos jogos criados na referida disciplina também são levados a refletir sobre o material utilizado na confecção de cada um dos jogos, pois são facilmente identificáveis elementos como as tampinhas de garrafas, caixa de ovos, carcaça de computador, etc.

Desse modo, usuários-beneficiários dos recursos e seus criadores são incentivados a pensar na sustentabilidade, na responsabilidade socioambiental e no desenvolvimento sustentável.

Como os jogos foram projetados a partir da necessidade real diagnosticada no Projeto de Extensão, a universidade cumpre seu papel de

retornar à sociedade o investimento que esta faz para manter o ensino público, solucionando situações reais da comunidade envolvida no referido projeto.

Os recursos – jogos didáticos – gerados pelo licenciandos cumprem a missão de auxiliar na aprendizagem de conteúdos para as séries do ensino fundamental de forma lúdica e prazerosa para as crianças, sendo as brincadeiras parte do cotidiano de sua faixa etária e, desse modo, se entrelaçam ao processo de aprendizagem.

5. CONCLUSÕES

A participação dos licenciandos na elaboração de recursos para uma situação real, envolvendo a consciência da responsabilidade socioambiental no reaproveitamento de materiais, foi uma oportunidade ímpar para o desenvolvimento profissional comprometido com a sociedade tanto no seu aspecto de conscientização ecológica quanto na promoção da aprendizagem por meio de diferentes recursos.

A criação de recursos didáticos desenvolve a criatividade e o senso crítico no licenciando, que pensa e repensa o jogo com o objetivo de ensinar um conteúdo presente no programa curricular escolar e voltado para idades específicas.

Vemos como a integração da Extensão com a Graduação gera frutos para a sociedade externa e interna à UFPE e promove a aprendizagem formal e informal beneficiando todos os participantes.

REFERÊNCIAS

ALBURQUERQUE, I. de. **Metodologia da Matemática**. Rio de Janeiro: Ed. Conquista, 1954.

BALDISSERA, A. Pesquisa-ação: uma metodologia do “conhecer” e do “agir” coletivo. **Sociedade em Debate**, Pelotas, 7(2), p. 5-25, Agosto/2001.

BRASIL. Ministério da Educação. **Orientações curriculares para o ensino médio. Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias.** Vol. 2. Brasília, 2006. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_02_internet .pdf> Acesso em: 17/11/2018.

BRASIL. Ministério de Educação e Cultura. **LDB - Lei nº 9394/96, de 20 de dezembro de 1996**. Estabelece as diretrizes e bases da Educação Nacional. Brasília: MEC, 1996.

FERREIRA, A.B.H. **Novo dicionário da língua portuguesa**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1999.

GUILLEN, Juliane Dias. A importância do ensino da geometria nas séries iniciais: compartilhando a experiência com os professores. **XI ENEM**, Curitiba, 2013. p.8.

JACOBI, Pedro. Educação Ambiental, Cidadania e Sustentabilidade. **Cadernos de Pesquisa**, n. 118, p. 189-206, 2003.

JUSTINA, L. A. D.; FERLA, M. R. A utilização de modelos didáticos no ensino de genética – exemplo de representação de compactação do DNA eucarioto. **Arq Mudi**, v. 10, n. 2, 2006, p. 35 – 40.

KISHIMOTO, Tizuko Morchida (org.) et al. **Jogo, brinquedo, brincadeira e educação**. 14. ed. - São Paulo: Cortez, 2011.

MELO, S de S. A importância do Conhecimento das Formas Geométricas para o Design Sustentável. In: **A insustentável leveza do ter – anais do 4º Simpósio de Design Sustentável – SBDS + ISSD 2013**. Porto Alegre, de 12 a 14 de outubro, 2013.

MELO, S de S; MEDEIROS, G. M. A Expressão Gráfica como Auxilio no Desenvolvimento da Coordenação Motora Fina na Alfabetização de Crianças em Situação de Risco do Coque. In: **Anais do CBEU 2018**. Natal, de 28 a 30 de junho, 2018.

SANTOS Jr., João B. e MARCONDES, Maria Eunice R. Um estudo sobre os modelos didáticos de um grupo de professores de química. In: **Encontro Nacional de Ensino de Química, 15, 2008**. Anais do XV Encontro Nacional de Ensino de Química, 2008. Disponível em: < http://www.quimica.ufpr.br/eduquim/eneq2008/resumos/R0381-1.pdf>. Acesso em 03 ago. 2018

SOUZA, Nadia A.. A relação teoria-prática na formação do educador. **Semina**. Ciências Sociais e Humanas, Londrina, v. 22, p. 5-12, 2001.

TRIPP, David. Pesquisa-ação: uma introdução metodológica. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 443-466, Set./Dez., 2005.

2.3 CONCEPÇÃO DOS CATADORES DE MATERIAIS RECICLÁVEIS SOBRE RESÍDUOS SÓLIDOS

PERÔNICO, Gabriel Albuquerque
Graduando em Bacharelado em Ciências Biológicas
Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Pernambuco
(ICB/UPE)
skimg321@gmail.com

VIEGAS FILHO, Marcelo Paulino
Graduando em Bacharelado em Ciências Biológicas
Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Pernambuco
(ICB/UPE)
viegaas@gmail.com

LIMA, Victor Hugo Moreira de
Mestre em Ciências Biológicas
Laboratório Central de Saúde Pública – Dr. Milton Bezerra Sobral
(LACEN/PE)
victor.hg.ml@hotmail.com

RESUMO

Os catadores de materiais recicláveis que atuam de porta em porta são os responsáveis pela coleta da maior parte dos resíduos encaminhados à reciclagem. Além de gerar renda, a atividade de catação, comumente não valorizada pela sociedade, apresenta benefícios socioambientais. O trabalho objetivou avaliar a concepção dos catadores de materiais recicláveis sobre resíduos sólidos, relacionando-a com a percepção da profissão exercida. A pesquisa foi realizada no bairro de Santo Amaro, na cidade do Recife, com 20 catadores, e a coleta de dados ocorreu por meio de entrevistas semiestruturadas e observação direta. Os dados foram analisados de forma qualitativa. A partir da análise dos dados socioeconômicos dos respondentes, foram obtidas as seguintes informações: 100% dos catadores entrevistados foram do sexo masculino; 60% declararam ter idade entre 20 e 35 anos; e 82% dos entrevistados não apresentaram interesse pelas questões ambientais. Os resíduos sólidos são vistos como uma alternativa de trabalho por 93% dos entrevistados. Os demais catadores entrevistados (7%) associaram os resíduos a sujeiras e doenças. Apesar de propiciar a reintrodução dos resíduos no setor produtivo, os catadores de materiais recicláveis enxergam apenas a importância do seu ato para a sua subsistência, ponderando a catação como um método de geração de renda no período de desemprego, ou seja, como uma alternativa temporária.

PALAVRAS-CHAVE: Catação, Lixo, Meio Ambiente.

1. INTRODUÇÃO

Desde a modernização dos processos de produção agrários e o início da industrialização, a população brasileira tendeu a se deslocar para grandes centros urbanos, ocasionando um crescimento não planejado com problemas infraestruturais, sociais e segregacionistas, além de problemas ecológicos, sanitários e ambientais causados por gestão humana ineficiente (FERRI et al. 2015). Um dos maiores problemas ocasionados pelo crescimento exponencial da população em zona urbana é o aumento da geração de resíduos sólidos e efluentes não tratados que, em resposta ao déficit na gestão pública, acabam sendo transportados ou destinados a áreas inadequadas, trazendo riscos à saúde humana e ao meio ambiente (SILVA; HELLER, 2016). Ainda que a Constituição Federal garanta o direito de acesso à água potável e ao saneamento básico, os mananciais de reserva d'água e corpos naturais vêm sendo contaminados indiscriminadamente. O acesso à água e ao saneamento básico é um direito fundamental para garantir a qualidade de vida da população. Tais direitos são garantidos internacionalmente pela Declaração Universal dos Direitos Humanos da Organização das Nações Unidas (ONU) e no Brasil, pela Lei n° 11 445, de 2007, que trata das diretrizes da Política Federal de Saneamento Básico.

Outros agravos em relação ao aumento na produção de resíduos sólidos urbanos dizem respeito à sua destinação. Em 2017, as instalações inadequadas de disposição final de resíduos sólidos, como lixões e aterros controlados, no entanto, ainda estão presentes em todas as regiões do país e receberam mais de 80 mil toneladas de resíduos por dia, com índice superior a 40%, com alto potencial de poluição ambiental e impactos negativos à saúde pública (ABRELPE, 2017). Entretanto, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), garantida pela Lei n° 12 305, de 2010, tem como um de seus objetivos principais realizar a promoção da coleta seletiva de maneira integral em todo o País, a fim de proporcionar a destinação adequada para esses resíduos e permitir o avanço necessário ao Brasil no enfrentamento dos principais problemas ambientais, sociais e econômicos.

A Prefeitura do Recife desenvolveu o projeto EcoRecife, que engloba políticas públicas e equipamentos de limpeza visando melhorar a coleta e a destinação adequada dos resíduos. Juntamente com as ati-

vidades exercidas pelo poder público, é de fundamental importância à contribuição da população, como previsto na Lei n° 16 292, de 1997, que determina que todas as edificações, com exceção das habitações de uso unifamiliar isoladas de até dois pavimentos, devem possuir compartimentos destinados à guarda temporária do lixo (EMLURB, 2017).

Segundo a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) realizada no ano de 2008, cerca de 20% dos municípios do Brasil praticam a coleta seletiva; sendo assim, em todos os outros municípios restantes, não há coleta seletiva formalmente, isto é, não há adequação aos termos previstos pelas políticas públicas vigentes sobre o tema. Nos municípios onde não ocorre a coleta seletiva regulamentada, o trabalho de coleta e destinação dos resíduos sólidos acaba sendo realizado por catadores e cooperativas. Por sua vez, muitas delas não estão adequadas às normatizações da PNRS. Assim, as entidades públicas não possuem conhecimento da atividade dos profissionais ligados às cooperativas (IBGE, 2016), embora seja evidente a importância destas para suprir as carências de infraestrutura dos municípios e promover o sustento de seus integrantes por atividades de alto valor socio-econômico-ambiental (BAPTISTA, 2015).

Apesar dos catadores de resíduos sólidos serem profissionais responsáveis por uma atividade de fundamental importância na sociedade, por vezes, acabam não tendo o reconhecimento adequado por parte do poder público, dos empregadores, da sociedade ou até da própria classe, tornando-se invisíveis, segregados ou malquistos quanto profissionais (BAPTISTA, 2015). Por consequência do não reconhecimento de suas atividades, a maioria dos catadores de resíduos sólidos trabalha de maneira informal, sem vínculos empregatícios, e quando estão ligados às cooperativas ou associações, atuam como associados temporários, não empregados regularmente. Conceição (2003) destaca que o catador consegue seu sustento das ruas, enquanto tenta vencer a exclusão social, lidando com riscos de sua profissão em situação precária e sem nenhuma garantia legal.

Tendo em vista toda a problemática da expansão desordenada de zonas urbanas e a crescente produção de resíduos sólidos, bem como os transtornos gerados à saúde e ao meio ambiente, faz-se necessário um levantamento de dados objetivando avaliar a imagem pública e a concepção dos catadores sobre os resíduos sólidos, relacionando-a com a percepção da profissão exercida.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Política Nacional de Resíduos Sólidos

No ano de 2010, o Brasil deu um grande passo em direção a melhorias públicas no que se refere aos resíduos sólidos e afins, após promulgar a Lei n° 12.305, conhecida como PNRS. Com a implementação da PNRS, torna-se obrigatório que cada município do País estabeleça seus próprios planos gestores relacionados a resíduos sólidos, bem como que inicie o processo de desativação dos lixões no intuito de erradicá-los em um futuro próximo.

A Lei que dispõe da PNRS surgiu após um processo legal, iniciado a partir do Projeto de Lei (PL) nº 354/1989, instituído pelo Senado Federal, que era referente apenas às questões dos resíduos de saúde. Após a adesão de uma série de projetos ao Projeto de Lei n° 354/1989, iniciou-se a elaboração desse, buscando abranger outros materiais além dos resíduos de saúde, estimando melhorias mais significativas. Assim, o Projeto de Lei n° 354/1989 foi reelaborado e apresentado como PL n° 203/1991, que permaneceu em processo de tramitação na Câmara dos Deputados por 19 anos, sendo finalmente sancionado em 2010 como a Lei n° 12 305/2010, que dispõe dos princípios, objetivos e instrumentos da PNRS (BRASIL, 2010).

A PNRS é vista como um marco na política nacional porque, pela primeira vez, os municípios são incentivados a repensar a gestão dos resíduos, estabelecendo respostas práticas que busquem solucionar o problema ou mitigar os impactos já presentes. Ao longo dos anos, a aglomeração e destinação irregular dos resíduos deu origem a áreas segregadas como lixões que, por sua vez, continuam a oferecer riscos à população, por não possuírem um planejamento esquematizado que respeite as normas sanitárias e ambientais.

A disposição sobre objetivos, princípios e instrumentos que corroboram com a gestão integrada e com o gerenciamento dos resíduos é apresentada no art. 1° da PNRS, que também descreve o dever de identificação de riscos ambientais por parte do poder público, bem como a detecção de geradores de resíduos sólidos urbanos e de resíduos sólidos de saúde, e a adequação destes à lei. Entre seus objetivos, o compromisso com a efetividade das ações que visam assegurar a prática dessa política é previsto como responsabilidade do setor empresarial, da coletividade e do poder público, segundo o art. 25 da PNRS.

O art. 30 da PNRS determina que o monitoramento do ciclo de vida de cada produto é de responsabilidade tanto do poder público quanto da sociedade e

da iniciativa privada, visando estabelecer uma ligação entre os agentes socioeconômicos em concordância com práticas de desenvolvimento sustentável. Vale destacar que a PNRS vai além dos instrumentos de comando e controle, estipulando metas e gerando o protagonismo dos mais variados setores políticos e sociais através de gestão compartilhada, possibilitando uma constante oxigenação do sistema de gestão. Para garantir que a gestão compartilhada seja exercida como previsto, a PNRS estabelece modelos de participação e exige responsabilidade na aplicação, apresentando formas de punição no caso de não cumprimento das obrigações e também aplicando subsídios de cunho ambiental (JARDIM et al. 2012).

No que diz respeito à coleta seletiva, a Lei n° 12 305/2010 prevê, em seu art. 3°, inciso V, que haja uma seleção prévia dos resíduos a fim de facilitar o processo de coleta. Essa deve ocorrer com base em parâmetros de composição do material a ser descartado. A coleta seletiva tem se mostrado um dos principais agentes para a prática efetiva dessa lei. É prescrito, no terceiro capítulo, que os municípios que se utilizam de parceria com associações de catadores e/ou cooperativas que atuam na área de coleta e reciclagem de resíduos sólidos recebam, como forma de incentivo, prioridade em relação aos recursos da União, a fim de estimular e apoiar as iniciativas, fornecendo recursos para o bem-estar profissional e do ambiente urbano como um todo.

O art. 1° do Decreto Federal n° 5 940/2006 é uma das bases da PNRS e visa estabelecer uma normatização para que haja a separação dos resíduos potencialmente recicláveis descartados por órgãos e entidades administrativas de caráter federal e a destinação correta a associações e cooperativas que trabalham com profissionais de coleta. Assim aproxima, cada vez mais, as cooperativas de catadores da prática de gestão dos resíduos sólidos urbanos.

O apoio dado à coleta seletiva vem sendo facilitado através do art. 35 da PNRS, no qual são apresentadas uma série de obrigações a serem cumpridas pelos consumidores quando o sistema integral de coleta seletiva sugerido no plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos é regulamentado nas cidades. Esse artigo também estabelece o cumprimento facultativo em relação a incentivos financeiros por parte do poder público, destinados a consumidores que contribuam de maneira regular com as diretrizes do sistema de coleta seletiva vigente em cada município.

O art. 42 da PNRS trata dos instrumentos de caráter econômico que o poder público pode estabelecer através de novas rotas de financiamento, atendendo com prioridade a reestruturação da infraestrutura necessária para definir

o sistema de coleta seletiva ligado a associações e cooperativas. Desta forma, destaca-se na procura de mecanismos que facilitem as parcerias, buscando estabelecer a pactuação política no âmbito interprofissional e social.

2.2. Os catadores de resíduos sólidos e a sua profissão

Os catadores utilizam os resíduos coletados para gerar renda e obter o sustento de suas famílias. Assim, inserem novamente os resíduos coletados na cadeia produtiva, caracterizando suas atividades como profissionais. Aos que exercem a função de catação, no entanto, não se adequa o termo "empregado", visto que estão ligados a associações e cooperativas e atuam profissionalmente como associados, não possuindo vínculo empregatício. Assim, acabam sendo vistos por diversos profissionais, incluindo gestores de políticas públicas, como desempregados que ainda precisam ser inseridos no mercado de trabalho.

Uma das grandes problemáticas que envolvem os catadores de materiais recicláveis é a desvalorização de sua função por segregação social, também devida aos elevados índices de prática profissional informal. Ainda que haja o incentivo legal da disseminação de programas sociais e econômicos inclusivos aos catadores, as cooperativas, às quais muitos prestam serviços, ainda são vistas como compostas por desempregados. Isso ocorre, além da falta de regulamentação da profissão, por uma confusão gerada pela interpretação do que é emprego e trabalho (BAPTISTA, 2015).

Segundo Conceição (2003), o ator principal no combate à aglomeração e à destinação irregular de resíduos sólidos é o catador de materiais recicláveis, que depende dessa atividade para seu sustento e ainda precisa vencer a marginalização gerada pela urbanização crescente. Enfrentando esse cenário, ao longo dos anos, muitos vêm formando suas próprias cooperativas de reciclagem.

Os profissionais que trabalham diariamente na coleta de resíduos sólidos em lixões, aterros sanitários e/ou de porta em porta lidam com as situações precarizadas não apenas em relação às condições de serviço e moradia, como também aos termos e garantias legais (FERRAZ; GOMES, 2012). Muitos deles prestam serviços terceirizados às indústrias de produção como operários terceirizados. Assim, inseridos no reaproveitamento de base da cadeia produtiva das empresas, os pro-

fissionais catadores trabalham sem o reconhecimento devido pela sua importância para a sociedade (ROOS et al. 2010). Contratando suas atividades, indústrias atingem margens de lucro superiores geradas por autossustentação de parte da cadeia produtiva e se beneficiam da imagem de consciência e responsabilidade socioambiental, mascarando inúmeros problemas que resultam das cadeias de produção, como: o dever e a necessidade de repensar o consumo; o abuso e a baixa remuneração dos serviços de profissionais marginalizados; a invisibilidade gerada pela exclusão social; a segregação de mão de obra efetiva; e a urgência em relação ao descarte de maneira consciente (PEREIRA; TEIXEIRA, 2011).

Desde a mudança no sistema produtivo, que resultou em uma alta taxa de desempregados, muitos encontraram na coleta de materiais recicláveis uma possibilidade de gerar renda para suas famílias. Estima-se que, atualmente, cerca de 500 mil pessoas trabalhem nesta função (BESEN, 2008). A ação de catadores nas ruas, que vivem à margem da sociedade e obtendo renda da coleta e venda de materiais recicláveis, é vista no Brasil há mais de 50 anos.

A indústria de materiais recicláveis tem expressão produtiva no Brasil ao longo das décadas, estabelecendo centenas de novas empresas no setor que, por um lado, são vistas como socialmente responsáveis e, por outro, acabam se beneficiando do trabalho de catadores, muitas vezes sem a garantia de condições mínimas, sejam infraestruturais ou econômicas. A negligência e falta de gestão para a melhoria das condições de trabalho pode partir tanto dos profissionais ligados às bases de produção como também de gestores públicos (GONÇALVES, 2004).

As condições de trabalho às quais os catadores estão submetidos oferecem uma situação precária e insalubre que fere muitos dos direitos humanos, intensificando a marginalização e forçando muitos a enfrentarem jornadas de trabalho impróprias para qualquer profissional em condições semelhantes; alguns ainda trabalham sem remuneração adequada, estando à beira da escravidão, sendo o trabalho a forma de pagamento de dívidas contraídas junto aos donos de cooperativas. Em alguns casos, é possível encontrar crianças inseridas nos setores de produção, caracterizando trabalho infantil; muitos desses trabalhadores são vistos pelas entidades empregatícias como mão de obra barata (JARDIM et al. 2012).

O progresso no âmbito legislativo com intuito de regulamentar a profissão de catador e garantir direitos trabalhistas é inexpressivo, visto que muitos projetos de lei permanecem arquivados; a lei projetada para esse fim que chegou à atenção da Presidência foi vetada sob o discurso: "as exigências podem representar obstáculos imediatos à inclusão social e econômica dos profissionais, sem que lhes seja conferido qualquer direito ou benefício adicional" (PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA, 2012). Muitos desses profissionais continuam vivendo em situações precárias devido aos termos empregatícios de suas próprias cooperativas e do sistema de coleta seletiva.

Para reverter esse cenário de exploração contínua a qual os catadores são submetidos diariamente, Conceição (2003) defende que devem ser estabelecidas políticas relacionadas aos setores econômico, social e político que estejam atreladas às práticas de educação e conscientização dos cooperativados em relação às suas condições de trabalho. É necessário também garantir assistência médica e desenvolver a integração dos catadores, estendendo-as aos familiares desses profissionais. Sendo assim, as propostas para a gestão pública e profissionalização dos trabalhadores devem ter caráter inclusivo, buscando beneficiar a integração das cooperativas e seus atores.

3. METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada no bairro de Santo Amaro, na cidade do Recife, no período de janeiro a junho de 2018. A coleta de dados ocorreu através de entrevistas e observação direta. Foram realizadas visitas a uma cooperativa de catadores de resíduos sólidos. Os catadores foram entrevistados nos seus respectivos locais de trabalho para entender como eles compreendem a gestão dos resíduos, como relacionam o seu trabalho com as questões ambientais e a sua percepção sobre os resíduos sólidos.

A amostra foi composta por 20 catadores cadastrados na cooperativa com maioridade civil. A escolha dos catadores ocorreu de forma aleatória, respeitando a vontade de participação de cada um. No intuito de descobrir a percepção dos resíduos sólidos na visão dos catadores, foi utilizada uma metodologia caracteristicamente qualitativa como forma de captar o ponto de vista e o imaginário dos catadores durante o desenvolvimento de sua atividade.

Foram realizadas jornadas de observação livre, com base em acompanhamento direto e intensivo. Durante o período de observação, foram realizadas entrevistas abertas e individuais, direcionadas por três eixos: o primeiro identificava o informante, abordando aspectos socioeconômicos; o segundo objetivava a caracterização de um dia típico do seu processo de trabalho, sendo abordadas as experiências relacionadas à sua atividade; e o terceiro procurava captar a percepção do resíduo na visão desses trabalhadores.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nas observações, foi possível evidenciar as condições insalubres nas quais trabalham os catadores dentro da abordagem da percepção do risco ambiental e ocupacional. Escolhemos como informantes aqueles trabalhadores que estavam totalmente ocupados com a catação de resíduos e que dependiam exclusivamente dessa ocupação como meio de sobrevivência.

A partir da análise dos dados socioeconômicos dos respondentes, foram obtidas as seguintes informações: 100% dos catadores entrevistados eram do sexo masculino e 60% declararam ter idade entre 20 e 35 anos. Os demais (40%) têm mais de 35 anos. Estudos realizados por Ferreira (2005) corroboram com a presente pesquisa, uma vez que mostram que a maioria dos catadores (68%) tem por volta de 30 anos de idade, enfocando a faixa etária adulta. Alguns autores (OLIVEIRA, 2006; FERREIRA; ANJOS, 2001) ressaltam que o coletor de lixo não é um novo personagem nas ruas das cidades brasileiras. Eles não são mendigos, mas desempregados devido a crises econômicas e expulsos do mercado de trabalho formal.

Apesar de todas as dificuldades do trabalho, sem o apoio do poder público e da sociedade, esses trabalhadores informais sobrevivem na marginalidade e, ao mesmo tempo, cuidam do meio ambiente. Dessa forma, podemos chamar os catadores de lixo de "agentes ambientais e econômicos", ou melhor, de trabalhadores.

Durante a execução deste trabalho, foi observado que 82% dos entrevistados não possuem interesse pelas questões ambientais. Assim, é notório que as estratégias de Educação Ambiental são papel do poder público e de outros segmentos da sociedade. Do ponto de vista peda-

gógico, espera-se que a educação ambiental atinja uma mobilização coletiva sobre os problemas ambientais, levando em consideração a relação homem *versus* natureza (PINHEIRO, 2003).

Foi possível observar que 93% dos entrevistados veem o resíduo sólido como trabalho. Os demais (7%), porém, associam os resíduos sólidos a sujeira e doença. O desemprego é um sério problema social, particularmente para aqueles com baixa escolaridade, com pouca ou nenhuma qualificação técnica (SILVA, 2012). A resposta encontrada por esses atores, por não poderem competir por empregos no mercado formal, é o subemprego e a ocupação precária do espaço urbano (PORTO et al. 2004). Logo, a coleta de resíduos sólidos é uma alternativa encontrada por muitos deles. Como não atingem a qualificação exigida pelo mercado, veem essa função como uma forma de sobrevivência, embora seja uma forma de trabalho vista como degradante pela sociedade (MACEDO, 2000).

Também é digno de nota que muitos problemas ambientais urbanos estão relacionados ao crescimento desordenado da população, principalmente nas periferias das grandes cidades, associado à ineficiência administrativa e à negligência política. A palavra "lixo", em suas contrapartes linguísticas, tem vários significantes diferentes, mas seus significados são muito semelhantes a adjetivos ruins (MAZZINI, 2004).

O ser humano, no desenvolvimento de suas atividades do dia a dia, gera e descarta uma grande quantidade de resíduos. Assim, percebe-se que como não podemos deixar o lixo se acumular dentro de nossas casas, deveríamos diminuir a geração de resíduos e dar um tratamento adequado para eles (GIDDENS, 2005). Para tanto, seria necessário conter o consumo descontrolado, que gera cada vez mais resíduos, além de investir em tecnologias que permitam redução dessa geração, além do reaproveitamento e reciclagem dos materiais inutilizados (GONÇALVES, 2005). A ausência de uma disposição final adequada de resíduos resulta em uma degradação acelerada dos recursos naturais, o que compromete a qualidade de vida das gerações atuais e futuras.

5. CONCLUSÕES

Os catadores de resíduos sólidos desenvolvem uma atividade socialmente rejeitada, resultado da falta de acesso à educação formal que

possibilita a qualificação profissional e a subsequente entrada no mercado de trabalho e, consequentemente, o acesso à renda. A atividade de separação do lixo é, normalmente, realizada sob condições extremamente pobres e insalubres, mas é considerada, pelos catadores, uma estratégia de sobrevivência no chamado "submundo do trabalho" e pode ser considerada uma resistência ao desemprego. Embora o trabalho realizado cause satisfação, os catadores visam outras ocupações para garantir maior reconhecimento social, embora muitas vezes não procurem qualificação para isso. Para que o catador aceite o seu trabalho e obtenha reconhecimento social, há a necessidade de um gerenciamento associativo, baseado em um projeto de transformação social e político.

REFERÊNCIAS

ABRELPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**. São Paulo: Aprelbe, 2017.

BAPTISTA, V. F. As políticas públicas de coleta seletiva no município do Rio de Janeiro: onde e como estão as cooperativas de catadores de materiais recicláveis? **Rev. Adm. Pública** - Rio de Janeiro 49(1):141-164, jan./fev. 2015.

BESEN, G. R. Sustentabilidade dos programas de coleta seletiva com inclusão social: avanços, desafios e indicadores. In: **ENCONTRO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM AMBIENTE E SOCIEDADE, ANPPAS**. Brasília, DF: ANPPAS, 4-6, jun. 2008. Anais... p. 1-14. Disponível em: <www.anppas.org.br/encontro4/cd/ARQUIVOS/GT6-403-13520080509143212.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2018.

BRASIL. **Decreto nº 5.940 de 25 de outubro de 2006**. Brasília: Presidência da República do Brasil, 2006. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Decreto/D5940.htm>. Acesso em: 12 nov. 2018.

BRASIL. **Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007**. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov. br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Lei/L11445.htm>. Acesso em: 12 nov. 2018.

BRASIL. **PLS nº 354/89.** Projeto de Lei do Senado, de 7 de julho de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, e dá outras providências, consolidando o Substitutivo da Câmara dos Deputados aprovado pelo Senado. Disponível em: <http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra;jsessionid=FA675BAC5ABA178A7F3203A1F69E41CC.node2?codteor=747515&filename=Tramitacao-PL+203/1991>. Acesso em: 12 nov. 2018.

BRASIL. **Lei n° 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei n° 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: <www.planalto. gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 12 nov. 2018.

CONCEIÇÃO, M. M. **Os empresários do lixo: um paradoxo da modernidade**: análise interdisciplinar das cooperativas de reciclagem de lixo. Campinas, SP: Átomo, 2003.

EMLURB. Recife; Prefeitura da Cidade. **EcoRecife 2017**. Disponível em: <http://ecorecife.recife.pe.gov.br>. Acesso em: 12 nov. 2018.

FERRAZ, L.; GOMES, M. H. A. Uma existência precarizada: o cuidado da prole no trabalho de catação de material reciclável. **Sociedade e Estado**, v. 27, n. 3, p. 652–662, dez. 2012.

FERREIRA, J. A.; ANJOS, L. A. Aspectos de saúde coletiva e ocupacional associados à gestão dos resíduos sólidos municipais. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v.17, n.3, p.689-696, 2001. DOI: http://dx.doi.org/10.1590/S0102-311X2001000300023.

FERREIRA, S. L. Os catadores do lixo na construção de uma nova cultura: a de separar o lixo e da consciência ambiental. **Revista Urutágua**, v. 7, 2005.

FERRI, G. L.; CHAVES, G. L. D.; RIBEIRO, G. M. Análise e localização de centros de armazenamento e triagem de resíduos sólidos urbanos para a rede de logística reversa: um estudo de caso no município de São Mateus, ES. **Production**, v. 25, n. 1, p. 27-42, jan./mar. 2015.

GIDDENS, A. **Sociologia**. Porto Alegre: Artmed, 2005.

GONÇALVES, R. D. S. Catadores de materiais recicláveis: trajetórias de vida, trabalho e saúde. **Fiocruz Rio de Janeiro,** p.54-100, 2004.

GONÇALVES, R. Catadores de materiais recicláveis: trabalhadores fundamentais na cadeia de reciclagem do país. **Serviço Social e Sociedade**, v.26, n.82, p.86-109, 2005.

IBGE. Instituto Brasileiro de Gestão e Estatística (IBGE). **Arranjos Populacionais e Concentrações Urbanas do Brasil** 2ª edição. 2016. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=299700. Acesso em: 15 nov. 2018.

JARDIM, A.; YOSHIDA, C.; MACHADO FILHO, J. V. (Ed.). **Política nacional, gestão de gerenciamento de resíduos sólidos**. Barueri, SP: Manole, 2012.

MACEDO, R. L. G. **Percepção e conscientização ambiental.** Lavras: EdUFLA/FAEPE, 2000.

MAZZINI, A. L. D. A. **Dicionário educativo de termos ambientais.** Belo Horizonte: Mazzini, 2004.

OLIVEIRA, N. A. S. **A percepção dos resíduos sólidos (lixo) de origem domiciliar, no Bairro Cajuru – Curitiba - PR**: Um olhar reflexivo a partir da educação ambiental. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

PEREIRA, M. C. G.; TEIXEIRA, M. A. C. A inclusão de catadores em programas de coleta seletiva: da agenda local à nacional. **Cad. EBAPE. BR**, v. 9, n. 3, p. 895-913, set. 2011. Disponível em: <www.scielo.br/scielo.php?pid=S1679-39512011000300011escript=sci_arttext>. Acesso em: 15 nov. 2018.

PINHEIRO, J. Q. **Psicologia ambiental brasileira no início do século XXI**. São Paulo: Casa do Psicólogo, 2003.

PNSB. **Pesquisa nacional de saneamento básico 2008**. Rio de Janeiro, 2010a. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb2008/PNSB_2008.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2018.

PORTO, M. F. S.; JUNCA, D. C. M.; GONÇALVES, R. S.; FILHOTE, M. I. F. Lixo, trabalho e saúde: um estudo de caso com catadores em um aterro 41 metropolitano do Rio de Janeiro, Brasil. **Cad Saúde Pública**, 2004.

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. **Mensagem nº 007**. 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/CCIVIL_03/_Ato2011-2014/2012/Msg/Vet/VET-007.htm>. Acesso em: 27 nov. 2018.

RECIFE. **Lei nº 16.292 /97**. Edificações e instalações na cidade do Recife. Disponível em: www.recife.pe.gov.br/pr/leis/16292.doc. Acesso em : 15 nov. 2018.

ROOS, D.; CARVALHAL, M. D.; RIBEIRO, S. Q. A precariedade do trabalho dos catadores de material reciclável no oeste paranaense e a dinâmica estratégica da reprodutividade do capital. **PEGADA - A Revista da Geografia do Trabalho**, v. 11, n. 2, 2010.

SENADO FEDERAL. **Projeto de lei 203/1991**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: http://www.camara.gov.br/sileg/prop_detalhe.asp ?id=15158. Acesso em: 15 nov. 2018.

SILVA. A. S. **A química, o lixo e a necessidade de uma consciência ambiental**. Natal: 2012.

SILVA, P. N; HÉLLER, L. O direito humano a água e ao esgotamento sanitário como instrumento para promoção de saúde de populações vulneráveis. **Revista Ciência e Saúde Coletiva**, Minas Gerais, v. 21, n. 6, p. 1865 – 1868, 2016.

2.4 INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE: UMA VISÃO DAS RELAÇÕES INTERNACIONAIS

CARVALHO, Domingos Diletieri
Mestrado profissional em Administração da UFPE
Diretoria do Centro de Artes e Comunicação da Universidade Federal de Pernambuco
domingosdiletieri@gmail.com

FIALHO, Alexandre Magno Gurgel
Mestrado profissional em Administração da UFPE
Diretoria de Relações Internacionais da Universidade Federal de Pernambuco (DRI/UFPE)
alexxgurgel@hotmail.com

MENEZES, Daniel Bandeira Teles
Mestrado profissional em Administração da UFPE
Secretaria Geral do Centro de Informática da Universidade Federal de Pernambuco
danielbtm@hotmail.com

AQUINO, Maria das Dores Santos
Mestrado profissional em Administração da UFPE
Departamento de Medicina Tropical da Universidade Federal de Pernambuco
mdsaquino@yahoo.com

MELO, Isaura Lima de Santana
Mestrado profissional em Administração da UFPE
Diretoria de Orçamento da Universidade Federal de Pernambuco
isauraufpe@hotmail.com

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo propor um painel de indicadores de sustentabilidade para a Diretoria de Relações Internacionais (DRI) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), para que ela possa, através de um questionário aplicado aos estrangeiros que estudam na UFPE, mensurar e induzir não somente a qualidade no aspecto social, mas também ambiental e econômico. Essas informações poderão subsidiar políticas e parcerias da DRI com outros setores da Universidade e órgãos de fomento, como a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), com o intuito de induzir o aumento dos aspectos mencionados. Foi desenvolvida uma pesquisa teórica documental, seguida de um estudo de caso com sugestão de indicadores. Esses indicadores permitem identificar a situação atual dos aspectos mencionados por meio de um questionário a ser respondido pelo estudante estrangeiro durante seu primeiro mês de estadia, visando retratar a realidade a qual ele está sendo inserido. O instrumento de coleta de dados foi desenvolvido com o objetivo de identificar os comportamentos e atitudes atuais dos estudantes frente a sustentabilidade. Os indicadores se apresentam exequíveis e com possibilidade de implantação e mensuração para a DRI obter informações para trabalhar no cenário atual.

PALAVRAS-CHAVE: Desenvolvimento Sustentável, Internacionalização, UFPE.

1. INTRODUÇÃO

A internacionalização promovida pelas universidades favorece uma educação superior sem fronteiras. A troca de experiências entre estudantes, pesquisadores e gestores favorece a construção do conhecimento científico tão almejado pelo estudante, o maior e principal público-alvo das instituições de educação. Considerando a sustentabilidade um dos temas prioritários na gestão pública, essa poderá ser inserida nos planejamentos e processos das relações internacionais praticadas nas universidades.

Por meio da internacionalização e de suas diferentes possibilidades de ações de cooperação entre países, as instituições podem e devem desejar níveis globais de visibilidade e reconhecimento internacional, atraindo estudantes de várias partes do mundo e promovendo a internacionalização do *campus* (STALLIVIERI, 2017).

Stallivieri (2017) destaca que um dos desafios significativos para as instituições de ensino superior, incluindo os educadores e os líderes que dirigem instituições educacionais, é definir como professores, estudantes e pesquisadores podem desenvolver uma consciência global. Mais ainda, é preciso identificar formas de promover o desenvolvimento de habilidades de comunicação intercultural, aprender sobre as culturas de outros países, melhorar as habilidades para trabalhar em ambientes multiculturais.

Nesse sentido, o valor sustentável a longo prazo pressupõe organizações com responsabilidade para proporcionar diretrizes que vislumbrem desempenho econômico, social e ambiental. Essa perspectiva de sustentabilidade cria um ambiente competitivo, impelindo as organizações públicas e privadas a melhorarem seus processos, tecnologias, serviços e negócios para uma governança sustentável (IFAC, 2011).

A Diretoria de Relações Internacionais (DRI), vinculada ao Gabinete do Reitor, é o setor responsável pelo intercâmbio da UFPE com instituições de ensino superior em diversos países, possibilitando aos estudantes, pesquisadores, técnicos e professores a vivência de novos conhecimentos e experiências acadêmicas com discentes e docentes de todas as partes do mundo (UFPE, 2018a).

O grande desafio para a internacionalização apontado no guia "Universidades para o mundo" (BRITISH COUNCIL, 2018) é a necessida-

de de ter objetivos claros e estratégias consistentes. Stallivieri (2017), a respeito desse entendimento, afirma que as instituições que buscam a internacionalização efetiva sem uma compreensão clara de suas condições, características, perfis, fraquezas e pontos fortes, dificilmente podem construir objetivos claros e consistentes.

No âmbito da UFPE, o Plano Estratégico Institucional 2013-2027 define os rumos da instituição universitária em termos de seu desenvolvimento e suas metas. O plano explicita a missão da Universidade e seus objetivos institucionais para o período. Nesse documento, foram definidos 17 objetivos estratégicos. O terceiro e oitavo dizem respeito, respectivamente, à implantação de uma política de internacionalização e à promoção de uma política de sustentabilidade (UFPE, 2013a).

Assim, é de fundamental importância a criação de propostas inovadoras capazes de atingir esses objetivos. Com esse mesmo entendimento, Monteiro e Oliveira (2007) relatam que a cooperação internacional acadêmica passou a ter, nos últimos dez anos, uma dimensão de extrema importância dentro da estratégia global das universidades brasileiras, visando acompanhar as enormes transformações decorrentes do processo de globalização e internacionalização. Portanto, torna-se necessário realizar atividades que possam diagnosticar o *status* de internacionalização na instituição. Nesse sentido, a ferramenta proposta busca se tornar uma forma de mensurar os aspectos ambientais, sociais e econômicos da UFPE para que a DRI possa induzir um crescimento de forma equilibrada.

Segundo Nascimento (2017), a IES como um todo deverá ter uma visão de sustentabilidade englobante; sua missão terá que ser conceituada pela sustentabilidade e suas políticas deverão estar enraizadas, por meio de comitês ou comissões, com o caráter de fortalecer e ratificar seus objetivos e metas estabelecidas a partir de sua missão.

O British Council (2018) levanta discussões a respeito dessa proposta ao provocar debates a respeito da internacionalização das universidades brasileiras, revelando que a falta de organização e estrutura para receber pesquisadores e estudantes estrangeiros é uma barreira para o avanço das práticas de internacionalização. Além disso, continua afirmando a necessidade de se identificar caminhos sustentáveis para consolidação de parcerias estratégicas, do desenvolvimento de políticas e ações para melhoria da qualidade acadêmica e do diálogo bilateral como passos de preparação para o futuro.

Diante desse contexto, este trabalho teve como objetivo propor um painel de indicadores de sustentabilidade para a DRI da UFPE. Esses indicadores foram construídos com a formulação de um questionário que, sendo aplicado aos estrangeiros que estudam na UFPE, possibilitou mensurar e induzir não somente a qualidade no aspecto social, mas também ambiental e econômico, no espaço em que esse estudante está sendo inserido. Essas informações poderão subsidiar políticas e parcerias da DRI com outros setores e departamentos da Universidade e órgãos de fomento, como a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), com o intuito de induzir o aumento da sustentabilidade (desenvolvimento social, econômico e ambiental) e subsidiar as ações estratégicas elencadas no Plano Estratégico da Instituição.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Contextualização da internacionalização do ensino superior

O ensino superior, promovido por meio das universidades, favorece o compartilhamento de conhecimentos, buscando nas novas experiências soluções em diversos campos que permitam o crescimento econômico, político e social dos indivíduos e das instituições. Apesar das facilidades tecnológicas, essa troca se torna cada vez mais exigente, devendo a universidade se tornar um ambiente acolhedor, propício para o desenvolvimento das atividades de Ensino, Pesquisa e Extensão com qualidade.

Nesse sentido, a internacionalização nas universidades é tema central nessa troca de experiências; é por meio dela que as universidades brasileiras poderão se envolver, de fato, no cenário internacional e elevarem seus padrões de excelência. Os desafios da internacionalização estão se desdobrando em abordagens diversas, como o desenvolvimento de programas e políticas com foco no desenvolvimento das habilidades das universidades para que estas tirem proveito de redes globais e de sistemas educacionais cada vez mais integrados (BRITISH COUNCIL, 2018).

Além disso, Knight (2012) afirma que a internacionalização se constitui uma estratégia para aprimorar ou atingir metas, possibilitando o desenvolvimento de habilidades e valores entre estudantes. Isto acon-

tece por meio das trocas culturais, promoção da mobilidade internacional e melhorias no ensino e aprendizagem.

Segundo Laus (2012), não existe uma maneira certa ou única para internacionalizar, já que a internacionalização se apresenta como um meio para a melhoria ampla do ensino superior, entendido como gerador de conhecimento novo, ciência, tecnologia e inovação, mas principalmente de valores e de cidadania, e não como um fim em si mesmo.

Realizando um recorte histórico, trocas científicas e culturais não são descritas como um fenômeno da contemporaneidade, encontrando suas raízes nas origens do projeto da *universitas* medieval, no momento em que a burguesia emergente luta pela conquista do direito de governar também por meio da sua qualificação educacional. E continua: é evidente que o desenvolvimento dos Estados nacionais, a definição de suas fronteiras e a demarcação de seus territórios fixos são fatores que contribuíram para, pelo menos em parte, "cercar" o campo da educação superior, que se tornou parte integrante dos projetos políticos de construção da identidade nacional. Porém, o que nos interessa ressaltar é que os mencionados intercâmbios transfronteiriços e transnacionais estão na origem da própria universidade e avançam com ela em seu processo de consolidação (LAUS, 2012).

Além disso, no início do século XX, as universidades estavam envolvidas em programas internacionais de desenvolvimento que, posteriormente, evoluíram para projetos de pesquisa conjunta e de fortalecimento institucional. Constata-se que o crescimento das atividades de pesquisa nos países industrializados no pós-guerra e a consequente montagem de estruturas nacionais de fomento podem ser apontados como dinamizadores do intercâmbio entre instituições e pesquisadores desses países ocidentais e do incremento dos convênios interinstitucionais e encontros científicos (LAUS, 2012).

Verifica-se, então, que a mobilidade estudantil está inserida nesse amplo processo e é considerada como uma das formas de materialização da internacionalização da educação superior. Inicialmente, ela não englobava da mesma forma todas as universidades, ficando restrita às grandes universidades como Paris e Bolonha, pois eram as mais atrativas para os estudantes de diferentes localidades, devido à cultura e à infraestrutura mais organizada que as universidades de menor porte. A mobilidade estudantil vem sendo reestruturada na contemporanei-

dade em decorrência do processo de globalização e das atuais estratégias de internacionalização do ensino superior (CASTRO; CABRAL-NETO, 2012).

Segundo Harris e Wheeler (2005), a internacionalização é um processo no qual a empresa comercializa os seus produtos ou serviços fora do seu mercado local ou de origem, focando assim o seu envolvimento também em mercados externos.

No Brasil, o programa de mobilidade estudantil financiado pelo Santander concede bolsas de estudo entre universidades (bolsas ibero-americanas para estudantes de Graduação) e propõe desenvolver a mobilidade de estudantes de Graduação durante seis meses entre universidades ibero-americanas com objetivos de fortalecer a internacionalização da atividade acadêmica, criar novas frentes de colaboração e reciprocidade, fortalecer o intercâmbio bilateral, além de estreitar o relacionamento entre universidades dos países ibero-americanos mediante a construção de um espaço de conhecimento socialmente responsável (CASTRO; CABRAL-NETO, 2012). Outro destaque refere-se ao Programa Estudante-Convênio (PEC-G), que seleciona estrangeiros, com idades entre 18 e 25 anos e com ensino médio completo, para realizar estudos de graduação no País (LAUS, 2012).

Já o Projeto Milton Santos de Acesso ao Ensino Superior (Promisaes), regulamentado em 2005, tem por objetivo fomentar a cooperação técnica científica e cultural entre os países com os quais o Brasil mantém acordos, em especial os africanos, nas áreas de educação e cultura, oferecendo apoio financeiro no valor de um salário mínimo mensal para alunos estrangeiros participantes do PEC-G. Para candidatar-se à bolsa, o aluno deverá estar regularmente matriculado em uma das instituições federais de ensino superior que aderirem ao programa (BRASIL, 2018a).

2.2 A Internacionalização na UFPE

A internacionalização da UFPE teve marco histórico com a criação da Coordenação de Cooperação Internacional, em 1998, pelo então Reitor Mozart Neves Ramos, com a coordenação da professora Suzana Queiroz de Melo Monteiro, doutora em Língua e Linguística pela Universidade de Essex, na Inglaterra (MONTEIRO; OLIVEIRA, 2007).

Outro marco histórico foi a inserção da internacionalização como eixo temático do Plano de Desenvolvimento Institucional UFPE 2014-2018, o qual firmou a importância do assunto na instituição com ações que fortaleceram a internacionalização na instituição, como, por exemplo, a ação de ampliar a inserção institucional da UFPE nas redes acadêmicas de cooperação internacional; a necessidade de se incrementar a mobilidade internacional, tanto de estudantes, professores, pesquisadores ou técnicos da UFPE para outras universidades quanto de estrangeiros para a UFPE; e a firmação de novos acordos de cooperação (UFPE, 2015).

A DRI da UFPE é a instância responsável pelo intercâmbio da Universidade com instituições de ensino superior de diversos países. Ela possibilita aos estudantes e professores pernambucanos a troca de conhecimentos e experiências acadêmicas com discentes e docentes de todas as partes do mundo, bem como a recepção de estrangeiros no âmbito da UFPE (UFPE, 2018a).

De acordo com o Guia do Estudante Estrangeiro, o objetivo principal da DRI consiste na orientação de alunos, técnicos e professores que buscam informações sobre opções e procedimentos necessários para estudar no exterior e na elaboração de acordos (convênios) internacionais. Além de encaminhar os estudantes da UFPE para outras instituições de ensino superior, essa diretoria é responsável pela recepção dos alunos estrangeiros participantes de programas de mobilidade acadêmica internacional, desde sua chegada até seu retorno ao país de origem, que vêm a Pernambuco para participar de novas experiências acadêmicas no *campus* da Universidade (UFPE, 2018b).

Atualmente, a UFPE possui 173 acordos internacionais formais com várias instituições estrangeiras, distribuídas em 36 países, que já proporcionaram o intercâmbio de mais de 4150 alunos da UFPE para instituições estrangeiras e o recebimento de mais de 1300 alunos estrangeiros desde 1999 (UFPE, 2018a).

A mobilidade estudantil internacional está regulamentada pela Resolução nº 10/2013, aprovada na 1ª sessão extraordinária do Conselho Coordenador de Ensino, Pesquisa e Extensão (CCEPE), realizada no dia 23 de maio de 2013. Essa resolução dispõe sobre a possibilidade de discentes da Graduação da UFPE cursarem componentes curriculares em outras IES para creditação de carga horária em seu histórico escolar.

Regulamenta, ainda, a promoção de mobilidade estudantil como forma de integração entre as comunidades nacional e internacional visando o compartilhamento e a difusão de conhecimentos que favoreçam a qualificação do estudante. Dispõe, também, sobre a imperatividade de regulamentação dos procedimentos relativos à concessão de autorização ao aluno para cursar disciplinas em outras IES nacionais ou estrangeiras e define que a integração acadêmica, científica e cultural gera novos espaços de conhecimento e mútua cooperação (UFPE, 2013b).

Essas disposições estão elencadas de forma prática no Guia do Estudante Estrangeiro, no intuito de organizar a vida do estudante estrangeiro desde a saída do seu país de origem até seu retorno, por meio de diversas orientações, tais como: obtenção de registros e documentos; informações acadêmicas e financeiras; meios de transportes disponíveis; acomodações; cultura local; e sistema de apadrinhamento (UFPE, 2018b).

2.3 Desenvolvimento Sustentável

A responsabilidade social é complexa pelo fato de haver múltiplos atores envolvidos (*stakeholders*) com diferentes interesses. Essa responsabilidade seria a resposta (expectativa) à sociedade que a empresa necessita entregar e deve ser atrelada ao fato de que precisa gerar lucro (setor privado) para poder sobreviver no mercado.

Segundo Carroll (1979), a responsabilidade social das empresas compreende as expectativas econômicas, legais, éticas e discricionárias (filantrópicas) que a sociedade tem em relação às organizações em dado período.

De acordo com Barbieri e Cajazeira (2012), expectativa econômica corresponde à produção de bens e serviços que a sociedade deseja e com lucro. Já na expectativa legal, após a sociedade aprovar o sistema econômico, a empresa deve respeitar a estrutura legal cumprindo a missão econômica. Na expectativa ética, a sociedade espera que a empresa não somente respeite a lei, mas respeite a moral, seja justa e faça o que é certo. Por fim, na expectativa discricionária (filantrópica), espera-se que seja subjetiva e menos importante. De maneira geral, a sociedade espera que as empresas atuem como bons cidadãos. Com o passar dos tempos, outros modelos foram sendo desenvolvidos e aper-

feiçoados. A questão ambiental foi ganhando cada vez mais importância principalmente a partir do século XIX, com a Revolução Industrial, surgindo o movimento do desenvolvimento sustentável.

A partir dos anos 1960, muitos problemas ambientais foram expostos pela Organização das nações Unidas (ONU) e suas agências e houve uma tentativa de aproximar o meio ambiente das questões sociais. De acordo com o relatório Brundtland (1987), desenvolvimento sustentável é aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem as suas próprias necessidades.

De acordo com Barbieri e Cajazeira (2012, p.65):

> Problemas sociais como, por exemplo, doenças, violência urbana, epidemias e crises ambientais podem ser combatidos através de duas estratégias. A primeira seria pensar globalmente e agir localmente. A segunda seria dividir os elementos constitutivos do desenvolvimento sustentável em dimensões (BARBIERI; CAJAZEIRA, 2012, p.65).

Segundo Sachs (2004, p.15-16):

> As principais dimensões são: Sustentabilidade social: processos que promovam a equidade na distribuição dos bens e da renda para melhorar substancialmente os direitos e as condições de amplas massas da população e reduzir as distâncias entre padrões de vida das pessoas. Sustentabilidade econômica: alocação e a gestão eficiente dos recursos produtivos, bem como fluxo regular de investimentos públicos e privados. Sustentabilidade Ecológica: ações para aumentar a capacidade de carga do planeta e evitar danos ao meio ambiente causados pelos processos de desenvolvimento, por exemplo, substituindo o consumo de recursos não renováveis por recursos renováveis, reduzindo as emissões de poluentes, preservando a biodiversidade, entre outras. Sustentabilidade Cultural: refere-se ao respeito pela pluralidade de soluções particulares apropriadas às especificidades de cada ecossistema, de cada cultura e cada local (SACHS, 2004, p.15-16).

Existem outras dimensões, como a política, a espacial e a institucional, entre outras. Em relação às dimensões, Barbieri e Cajazeira (2012, p.66) dizem que:

> O desenvolvimento sustentável tem como ideia central a oposição a qualquer tipo de proposta autoritária. Desenvolvimento entendido como um direito humano universal requer que as pessoas sejam os próprios agentes dos planos, dos programas e atividades que as beneficiam e não apenas público alvo passivo (BARBIERI; CAJAZEIRA, 2012, p.66).

Segundo Sachs (1993), atender de forma simultânea critérios de equidade social, prudência ecológica e eficiência ecológica torna a empresa uma organização sustentável. A equidade social corresponde à justiça social e à proteção às minorias e aos grupos vulneráveis com equilíbrio entre os gêneros. Já a prudência ecológica envolve o respeito à capacidade de suporte do meio ambiente.

A responsabilidade social é o suporte da sustentabilidade organizacional (desenvolvimento sustentável), pois somente respondendo às expectativas econômicas, legais e éticas da sociedade é que a organização pode responder às dimensões sociais, ambientais e culturais.

Todos esses modelos podem ser utilizados de maneira indevida por empresas que buscam somente o lucro e enfatizam a dimensão econômica. A responsabilidade social serviria apenas de pretexto para o aumento dos lucros empresariais. No setor público, muitas vezes, as organizações não almejam o lucro, portanto esse risco é menor. No entanto, as organizações do setor público devem prestar serviços com responsabilidade social, servindo de base para as dimensões econômica, social e ambiental (desenvolvimento sustentável).

2.3.1 Sustentabilidade na administração pública

É do conhecimento geral que as Instituições de Ensino Superior são órgãos privilegiados de propagação do conhecimento através do ensino e da investigação. Portanto, essas instituições devem ter um papel preponderante no Desenvolvimento Sustentável e devem ser, elas próprias, modelos de sustentabilidade (MADEIRA, 2008).

A Agenda Ambiental na Administração Pública (A3P) é um programa do Ministério do Meio Ambiente voltado para órgãos públicos, que tem como objetivo estimular a implementação de práticas de sustentabilidade. Essa ferramenta está subdividida em eixos temáticos e para sua implementação é sugerida a formação de uma comissão gestora, a elaboração de um diagnóstico e a elaboração de um plano de gestão socioambiental, além da mobilização e sensibilização da instituição e avaliação e monitoramento. A A3P tem sido bastante aceita entre as esferas governamentais, com crescimento significativo ao longo dos anos, enfatizando assim a popularidade deste programa (BRASIL, 2018b).

Neste sentido, a Agenda Ambiental da Administração Pública - A3P (2009) relata que o grande desafio consiste em transpor o discurso meramente teórico para concretizar a boa intenção em um compromisso sólido, já que a adoção de princípios sustentáveis na gestão pública exige mudanças de atitudes e de práticas. A A3P tem como principal objetivo estimular a reflexão e a mudança de atitude dos servidores para que eles incorporem os critérios de gestão socioambiental em suas atividades rotineiras (BRASIL, 2018b).

2.3.2 Indicadores de Sustentabilidade

De acordo com Ribeiro e Tayra (2006), os indicadores revelam-se da maior importância, pois eles devem, conjugando-se os parâmetros ambientais aos sociais e econômicos, retratar e auxiliar na busca de soluções e políticas para a sua possível consecução e ressaltam que os objetivos do desenvolvimento sustentável indicam a necessidade da variável institucional (a capacidade de organização social e de resposta política à questão) no trato do tema.

Um dos princípios da Organização para o Desenvolvimento e Cooperação Econômica (OCDE) (2002) é tratar os indicadores como uma ferramenta de avaliação, devendo ser completados com outras informações qualitativas e científicas, sobretudo para explicar os fatores que se encontram na origem de uma modificação do valor de um indicador que serve de base para a avaliação.

Segundo Kranjc e Glavic (2003), os indicadores têm inúmeras aplicações. Eles compactam grandes quantidades de informações de diferentes fontes em

um formato mais fácil de entender, comparar e manipular. As empresas podem usar indicadores para definir metas e monitorar o sucesso consequente.

Os indicadores de sustentabilidade representam, portanto, um suporte na avaliação da instituição nas dimensões social, econômica e ambiental que, no caso desta pesquisa, foram estruturados a partir do *feedback* dado pelos estudantes estrangeiros. Afinal, como descreve o Primeiro Princípio para a Educação em Gestão Responsável sob a coordenação do Pacto Global das Nações Unidas e das principais instituições acadêmicas: "Vamos desenvolver as capacidades dos estudantes para serem futuros geradores de valor sustentável para os negócios e a sociedade em geral e para trabalhar por uma economia global inclusiva e sustentável" (OCDE, 2002).

3. METODOLOGIA

Metodologicamente, este trabalho se organizou a partir da revisão da literatura a respeito dos temas de sustentabilidade, indicadores de sustentabilidade e internacionalização para propor tanto a elaboração de um instrumento de coleta de dados (questionário) tendo como sujeitos-alvo os estudantes estrangeiros em intercâmbio na UFPE como a de uma ferramenta que permita analisar o comportamento/atitude para a sustentabilidade do sujeito em tela.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tendo em vista que a sustentabilidade está firmada em três pilares básicos – o desenvolvimento social, econômico e ambiental –, essas foram as grandes áreas selecionadas para a sugestão dos indicadores (BENNET, 2004). A A3P sugere indicadores de desempenho para vários eixos temáticos, porém os indicadores do Eixo Temático 1 (Uso racional dos Recursos Naturais e Bens Públicos) foram selecionados para a elaboração do presente estudo (BRASIL, 2018b).

Os indicadores de sustentabilidade sugeridos podem ser entendidos, portanto, como uma identificação do nível de sustentabilidade da UFPE, ou seja, vem sugerir à DRI buscar atender com suas políticas sociais também aos aspectos econômicos e ambientais. Se cada setor da Universidade começar a pensar de forma sustentável nas suas par-

ticularidades, logo toda a Universidade terá mais facilidade para ser sustentável.

Esses indicadores atendem minimamente aos três aspectos (social, ambiental e econômico), sendo possível, com um estudo mais detalhado, ampliar o nível de informação e buscar atender de forma ampla os aspectos citados. Contudo, eles podem ser utilizados no planejamento e monitoramento das melhorias das condições de vida dos estrangeiros na UFPE. A Tabela 1 apresenta o painel de indicadores de sustentabilidade sugeridos.

Tabela 1. Painel de indicadores de sustentabilidade sugeridos para a Diretoria de Relações Internacionais da UFPE.

Dimensão	Descrição/ Cálculo
Ambiental	Na sua residência no Brasil, você utiliza algum sistema de controle de iluminação por timer, foto célula ou sensor?
Ambiental	Na sua residência no Brasil, você utiliza alguma forma de reutilização da água?
Ambiental	Na sua residência no Brasil você utiliza utensílios descartáveis?
Ambiental	A sua Residência no Brasil participa de algum sistema de coleta seletiva de resíduos?
Econômico	Você dispõe do valor sugerido pelo Guia do Estudante Estrangeiro de R$2.000,00 para cobertura dos seus gastos mensais?
Econômico	Você dispõe de aparelho de ar condicionado na sua residência?
Econômico	Na sua residência no Brasil a sua geladeira funciona bem?
Social	Possui água potável encanada?
Social	Possui Seguro Saúde?
Social	Conhece a cultura local mesmo que de forma superficial?

Fonte: Autores.

Em relação aos indicadores da dimensão ambiental, o parâmetro sugerido que questiona sobre o sistema de controle de iluminação por *timer*, foto célula ou sensor tem o objetivo de saber se houve preocupa-

ção do estudante em dar preferência a um local que tenha atenção com o racionamento de energia ou se ele instalou algum desses mecanismos. Além de ser uma preocupação com o meio ambiente, esse sistema vem a ser uma fonte de economia podendo impactar positivamente no orçamento doméstico do estudante. Já o indicador que visa questionar sobre a forma de reutilização de água tem como objetivo saber se houve preocupação do estudante em dar preferência a um local que tenha a preocupação com o racionamento de água. O indicador que questiona sobre a utilização de utensílios descartáveis visa informar sobre a preocupação com a reciclagem e os produtos biodegradáveis, enquanto o indicador que descreve sobre a forma de coleta seletiva enfatiza a preocupação com a reciclagem e os produtos biodegradáveis.

Na dimensão econômica, o indicador sugerido questiona se o estudante estrangeiro dispõe do valor sugerido pelo Guia do Estudante Estrangeiro – o qual, atualmente, é de R$ 2000 – para cobrir seus gastos mensais no Brasil e tem como objetivo o bem-estar econômico e físico. Já o indicador que interroga se a moradia disponibiliza refrigerador em excelente funcionamento preocupa-se com a redução dos custos em energia elétrica e conservação dos alimentos.

Já na dimensão social, o questionamento sobre a disponibilização de água potável tem como objetivo mensurar a qualidade de vida do local onde o estudante mora, bem como a frequência e adequação do abastecimento de água. O indicador que questiona sobre o estrangeiro possuir seguro-saúde visa dimensionar o bem-estar físico do estudante, e o questionamento sobre o conhecimento da cultura local visa saber sobre a integração dele com nossa cultura, evitando possíveis problemas por falta de conhecimento.

5. CONCLUSÕES

Os indicadores sugeridos pelo presente estudo demonstram a possibilidade da criação e utilização deste instrumento para a medição sobre as condições dos estudantes estrangeiros pela DRI da UFPE.

Um estudo mais específico e aprofundado seria necessário para aprimorar e validar os indicadores. Contudo, o uso de indicadores de sustentabilidade apresenta-se adequado para a DRI, sendo capaz de oferecer informações específicas que podem contribuir para ações futuras, assim como também demons-

tra uma forma de se avaliar o ambiente no qual o estrangeiro está inserido, segundo os aspectos de sustentabilidade. O presente trabalho está em construção e tem como perspectiva futura a aplicação do questionário para obter dados relacionados aos indicadores.

REFERÊNCIAS

BARBIERI, J.C.; CAJAZEIRA, J.E.R. **Responsabilidade social empresarial e empresa sustentável da teoria à prática**. São Paulo: Saraiva, 260 p., 2012.

BENNET, P.S. **Indicadores de sustentabilidade em habitação popular**: Construção e validação de um instrumento de medição da realidade local de comunidades de baixa renda. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 178 p., 2004.

BRASIL. Ministério da Educação. **Projeto Milton Santos de Acesso ao Ensino Superior (Promisaes)**. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/promisaes>. Acesso em 27 de Novembro de 2018a.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Agenda Ambiental da Administração Pública (A3P)**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/a3p>. Acesso em 27 de Novembro de 2018b.

BRITISH COUNCIL. **Universidades para o mundo**: Desafios e oportunidades para a internacionalização. 2018. Disponível em: <https://www.britishcouncil.org.br/sites/default/files/guia_universidades_para_o_mundo.pdf>. Acesso em 15 de Novembro de 2018.

BRUNDTLAND, G. H. (Org.) **Nosso futuro comum.** Rio de Janeiro: FGV, 1987.

CARROLL, A. B. A three-dimensional conceptual model of corporate performance. **Academy of Management Review**, v. 4, n.4, p. 497-505, 1979.

CASTRO, A. A; CABRAL-NETO, A. O ensino superior: a mobilidade estudantil como estratégia de internacionalização na América Latina. **Revista Lusófona de Educação**, v. 21, p. 69-96, 2012.

HARRIS S.; WHEELER C. Entrepreneur's relationships for internationalization: functions, origins and strategies. **International Business Review**, v. 14, p. 187-207, 2005.

IFAC. International Federation of Accountants. **The 2011 IFAC Annual Report**. 2011. Disponível em: <https://www.ifac.org/system/files/publications/files/IFAC_annual_report_2011_Web.pdf>. Acesso em 27 de novembro de 2018.

KNIGHT, J. Cinco verdades sobre a internacionalização. **Revista Ensino Superior Unicamp**, 2012. Disponível em: <https://www.revistaensinosuperior.gr.unicamp.br/international-higher-education/cinco-verdades-a-respeito-da-internacionalizacao>. Acesso em 19 de novembro de 2018.

KRANJC, D., GLAVIC, P. Indicators of sustainable production. **Clean Techn Environ Policy**, v. 5, p. 279-288, 2003.

LAUS, S.P. **A internacionalização da educação superior**: um estudo de caso da Universidade Federal de Santa Catarina. Tese (Doutorado em Administração) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2012. 332 p.

MADEIRA, A.C.F.D**. Indicadores de sustentabilidade para instituições de ensino superior.** Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Faculdade de Engenharia do Porto, Porto, 2008. Disponível em: <http://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/12228/1/Texto%20integral.pdf>. Acesso em 22 de outubro de 2018.

MONTEIRO, S. Q.M.; OLIVEIRA, M.A.G.. **Cooperação Internacional Acadêmica**: Experiência e desafios. 2. ed. Recife: Editora Universitária UFPE, 211 p., 2007.

NASCIMENTO, R. L. **Sustentabilidade em instituição federal de ensino superior**: Proposta de modelagem e avaliação. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Metodista de Piracicaba, Santa Bárbara d'Oeste, 176 p., 2017.

OCDE. **Rumo a um desenvolvimento sustentável:** indicadores ambientais. Tradução: Ana Maria S. F. Teles. Salvador: Centro de Recursos Ambientais, 2002. 244 p. Disponível em: <http://www.oecd.org/env/indicators-modelling-outlooks/2345364.pdf> Acesso em 28 de novembro de 2018.

RIBEIRO, H.; TAYRA, F. Modelos de indicadores de sustentabilidade: síntese e avaliação crítica das principais experiências. **Saúde e Sociedade,** v. 15, n.1, p.84-95, 2006.

SACHS, I. **Estratégias de transição para o século XXI**: desenvolvimento e meio ambiente. São Paulo: Studio Nobel e Fundação de Desenvolvimento Administrativo (Fundap), 1993. 323 p.

SACHS, I. **Desenvolvimento includente, sustentável, sustentado.** Rio de Janeiro: Garamond, 2004.

STALLIVIERI, L. Compreendendo a Internacionalização do Ensino Superior. **Revista de Educação do COGEIME,** Ano 26, n. 50, p. 16-36, 2017.

UFPE. Universidade Federal de Pernambuco. **Plano Estratégico Institucional 2013-2027**. Dezembro de 2013a. Disponível em: <https://www.ufpe.br/documents/38954/713399/pei13_27_.pdf/02b4e655-63e3-40fe-b285-90bf01186a5d>. Acesso em 15 de novembro de 2018.

UFPE. Universidade Federal de Pernambuco. Conselho Coordenador de Ensino, Pesquisa e Extensão. **Resolução n ° 10/2013**. Aprovada na 1ª sessão extraordinária do conselho coordenador de ensino, pesquisa e extensão - CCEPE, realizada no dia 23 de maio de 2013b. Disponível em: <https://www.ufpe.br/documents/40788/506683/resolucao_2013_10_ccepe_mobilidade_estudantil_graduacao.pdf/00656ef4-85cc-41c8-883b-f8bbb48a7cc4>. Acesso em 27 de novembro de 2018.

UFPE. Universidade Federal de Pernambuco. **Plano de Desenvolvimento Institucional 2014-2018.** Aprovado na Reunião do Conselho de Administração do dia 08 de fevereiro de 2015. Disponível em:
<https://www.ufpe.br/documents/38954/713399/pdi_14_18_of.pdf>. Acesso em 27 de novembro de 2018

UFPE. Universidade Federal de Pernambuco. **Diretoria de Relações Internacionais.** Disponível em: <https://www.ufpe.br/cci>. Acesso em 27 de novembro de 2018a.

UFPE. Universidade Federal de Pernambuco. **Guia do Estudante Estrangeiro.** Disponível em: <https://www.ufpe.br/documents/40788/506683/Guia+do+Estudante+Estrangeiro.pdf/257cab75-3a8e-4a73-94ea-f0a053b661cf>. Acesso em 18 de outubro de 2018b.

2.5 PLANEJAMENTO DE CONTRATAÇÃO DE SERVIÇOS E SUSTENTABILIDADE: UMA PROPOSTA DE INDICADORES PARA A UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

Paulo Francisco Lins Neto
paulo.linsnt@ufpe.br
Mestrando Profissional em Administração
Departamento de Ciências Administrativas da Universidade Federal de Pernambuco (DCA/UFPE)

Carla Regina Pasa Gómez
carlapasagomez@gmail.com
Doutora em Engenharia de Produção
Professora da Universidade Federal de Pernambuco / Departamento de Ciências Administrativas (DCA/UFPE)

Daniela Lira Tavares
daniela.tavares@ufpe.br
Mestranda Profissional em Administração
Departamento de Ciências Administrativas da Universidade Federal de Pernambuco (DCA/UFPE)

Ione Carla Torres da Silva Ramalho
icts@cin.ufpe.br
Mestranda Profissional em Administração
Departamento de Ciências Administrativas da Universidade Federal de Pernambuco (DCA/UFPE)

Janaina Aniceto Fonseca da Silva
janaina.aniceto@ufpe.br
Mestranda Profissional em Administração
Departamento de Ciências Administrativas da Universidade Federal de Pernambuco (DCA/UFPE)

RESUMO

Considerando os problemas ambientais e a iminente necessidade individual e empresarial de adotar uma cultura sustentável que os minimize, um dos principais desafios das Instituições Federais de Ensino Superior (IFES) no cenário contemporâneo é aliar seu desenvolvimento ao equilíbrio dos fatores sociais, econômicos e ambientais. Considerando a necessidade de discutir o tema de compras públicas sustentáveis, este artigo mostra um estudo de caso feito na Superintendência de Infraestrutura da Universidade Federal de Pernambuco (Sinfra/UFPE). O objetivo é sugerir um conjunto de indicadores de sustentabilidade que dê suporte à contratação de serviços de limpeza pela UFPE, visando maximizar sua sustentabilidade sem minimizar sua competitividade. Em uma abordagem qualitativa, foram realizadas pesquisas bibliográfica e documental utilizando fontes internas e externas à UFPE. Verificou-se que os indicadores atualmente utilizados são basilares e, embora estejam de acordo com o estabelecido pela legislação que rege os princípios da contratação no serviço público (IN Nº 5/2017) e pela A3P - Agenda Ambiental na Administração Pública (BRASIL, 2009), podem ser ampliados. Sugere-se uma lista de indicadores que contemplem, além dos "Obrigatórios" já utilizados, a inserção de indicadores "Classificatórios", voltados a valorizar dimensões sustentáveis antes não percebidas desde o planejamento.

PALAVRAS-CHAVE: Compras Públicas Sustentáveis, IFES, Gestão Pública Sustentável.

1. INTRODUÇÃO

O tema sustentabilidade tem ganhado força com as discussões sobre o processo de destruição da natureza, o consumo desenfreado dos recursos finitos e a busca pelo desenvolvimento sustentável. Sachs (1993) aponta a necessidade de se planejar formas que harmonizem atividades socioeconômicas e de gestão do meio ambiente, no sentido de alcançar o desenvolvimento, considerando meios possíveis para atender às necessidades do presente, sem comprometer as possibilidades das gerações futuras.

Considerando o contexto atual e os anseios da sociedade pela adoção de uma cultura sustentável por parte das organizações, um dos principais desafios das Instituições Federais de Ensino Superior (IFES) tem sido aliar seu desenvolvimento ao equilíbrio dos fatores sociais, econômicos e ambientais por meio do seu planejamento, gestão, ensino, pesquisa, extensão e serviços prestados à comunidade acadêmica e ao público externo. Assim, cabe às IFES observarem as orientações e regras determinadas pelas iniciativas da Administração Governamental como, por exemplo, a Agenda Ambiental da Administração Pública (BRASIL, 2009), que é um programa do Ministério do Meio Ambiente (MMA) criado para incentivar os demais órgãos públicos a adotarem práticas de sustentabilidade em suas atividades (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2009), e também analisar criticamente seus processos internos visando melhorá-los e adequá-los de forma pertinente às práticas sustentáveis. Cumpre observar que a A3P apresenta seis eixos temáticos, entre os quais destaca-se para este estudo o eixo relacionado a Compras Públicas Sustentáveis.

De acordo com a Cartilha A3P publicada pelo Ministério do Meio Ambiente, as compras sustentáveis são aquelas "em que o uso dos recursos materiais seja o mais eficiente possível buscando integrar os aspectos ambientais em todos os estágios do processo de compras" (BRASIL, 2009, p.48). Já Silva e Barki (2012, p. 162) afirmam que as compras públicas sustentáveis "apresentam um conceito novo, segundo o qual os fornecedores se alinham ao uso racional e inteligente dos recursos naturais, agregando valor aos seus produtos" sendo papel das instituições públicas o estímulo ao cumprimento dessas práticas sustentáveis.

Na UFPE, o cenário de compras e contratações necessárias para o bom andamento das atividades consome parte significativa do seu or-

çamento. Entre as contratações, os serviços terceirizados para limpeza e conservação dos prédios, hajam vistas os vultosos recursos demandados, ocupam um papel estratégico e podem contribuir para o alcance de metas de desenvolvimento sustentável na instituição, visto que através do correto planejamento de sua contratação é possível atender a objetivos fundamentais nos campos sociais, econômicos e ambientais.

O processo de contratação de Serviços Terceirizados de Limpeza realizado pela Superintendência de Infraestrutura (Sinfra) da UFPE obedece às fases do procedimento licitatório previstas na legislação pertinente, mormente a Lei 8666/93 (BRASIL, 1993) e a do pregão eletrônico, lei nº 10520/02, com suas alterações posteriores. Em setembro de 2017 entrou em vigor a Instrução Normativa nº 05 do Ministério do Planejamento tratando da fase de planejamento das contratações; desde então, a UFPE busca adequar seus processos à essa normativa, realizando algumas adaptações de acordo com as peculiaridades da Instituição, como é facultado pela referida norma. A Figura 1 demonstra o fluxograma parcial das etapas iniciais desse processo, porém, nesse trabalho, delimitaremos o estudo às atividades da Sinfra, ou seja, às etapas de Planejamento (destacadas com a coloração laranja), que são: i) Elaboração de Estudo Preliminar, de Instrumento de Medição de Resultados e de Mapa de Risco, que ocorrem de forma independente, porém simultaneamente; e ii) Elaboração do Termo de Referência (TR), com base nos documentos construídos anteriormente.

Figura 1. Fluxograma parcial do procedimento licitatório.

Fonte: Autores (2018).

Ratifica-se que pelo estudo estar restrito ao Planejamento, as etapas posteriores à Solicitação de Reserva Orçamentária foram ocultadas do fluxograma da Figura 1, sendo esse um fluxograma parcial do procedimento licitatório. Para fins informativos, as demais etapas são: iii) Elaboração do Edital; iv) Parecer da Assessoria Jurídica; v) Publicação de Edital; vi) Pregão Eletrônico; vii) Homologação; e viii) Contratação.

Os parâmetros sustentáveis definidos nas normas relacionadas às contratações públicas, apesar de constarem no Estudo Preliminar (EP) e no Termo de Referência (TR), não foram inseridos expressamente como indicadores sustentáveis no Instrumento de Medição de Resultados (IMR), o que pode dificultar a sua implementação, acompanhamento e execução efetiva. Essa falta de previsão de uma forma mais efetiva na exigência do cumprimento dos critérios de sustentabilidade previstos no TR contribuiu para a motivação do presente estudo.

O estudo busca responder à seguinte pergunta de pesquisa: quais indicadores de sustentabilidade podem ser inseridos no planejamento da Contratação de Serviços Terceirizados de Limpeza da UFPE, *campus* Recife? Nesse sentido, o objetivo da pesquisa é propor um conjunto de indicadores de sustentabilidade para o processo de planejamento da contratação de serviços terceirizados de limpeza da UFPE, e para isso foram formulados os seguintes objetivos específicos: (a) analisar o atual processo de planejamento da contratação dos serviços de limpeza da UFPE, identificando pontos de melhoria; e (b) sugerir novos indicadores que contribuam para a sustentabilidade do processo da contratação de serviços de limpeza pela UFPE.

Tendo sido especificados os motivos e os objetivos que estimularam este trabalho, será apresentada a seguir uma revisão da literatura relativa à temática da sustentabilidade nas Universidades Federais, abordando a A3P, especialmente no tocante ao processo de contratação de serviços terceirizados de limpeza, a fim de dar suporte à análise e à proposição de indicadores de sustentabilidade Obrigatórios e Classificatórios, respectivamente.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 A Sustentabilidade nas Instituições Federais de Ensino Superior (IFES)

Costa e Almeida (2013) consideram que as instituições de ensino superior (IES), categoria na qual as Universidades Federais se enquadram, são organizações privilegiadas para a propagação do conhecimento por meio de suas atividades de ensino e pesquisa, formando e orientando grande parte das pessoas que assumem cargos relevantes na sociedade e apresentam, baseados em Tauchen e Brandli (2006), dois conceitos relativos à contribuição das IES no tocante ao desenvolvimento sustentável: o primeiro considera que sendo os egressos dessas instituições futuros tomadores de decisão, irão incluir em suas práticas profissionais a preocupação com as questões sustentáveis; o segundo ressalta o posicionamento e conduta de algumas IES na implementação da sustentabilidade em *campi* universitários, ilustrada com modelos e exemplos práticos de gestão sustentável para a sociedade.

Considerando que cabe aos gestores públicos a decisão de implementar políticas sustentáveis além das que são citadas em legislação específica, conforme determina o Decreto nº 7746, de 5 de junho de 2012 (BRASIL, 2012), quando, em seu art. 4° traz um rol exemplificativo e não exaustivo, a inclusão de itens sustentáveis, além dos obrigatórios, tem relação com os valores, cultura e missão estratégica da Instituição.

Com o objetivo de disseminar ideias sustentáveis na Administração Pública, alguns programas foram criados pelo Governo Federal, entre eles a Agenda Ambiental da Administração Pública (BRASIL, 2009) – programa do Ministério do Meio Ambiente baseado nas recomendações da Agenda 21, da Declaração do Rio/92 e da Declaração de Johanesburgo –, cuja ideia central é propor a revisão dos padrões de consumo e produção e sensibilizar os gestores públicos a repensarem os padrões em uso e a procurarem implementar práticas sustentáveis em suas atividades, definindo os seguintes objetivos:

> i) sensibilizar os gestores públicos para as questões ambientais; ii) promover o uso racional dos recursos naturais e a redução de gastos; iii) contribuir para os padrões de

> produção e consumo e para a adoção de novos referenciais de sustentabilidade no âmbito da administração pública; iv) reduzir o impacto socioambiental negativo direto e indireto causado pela execução das atividades de caráter administrativo e operacional; e v) contribuir para a melhoria da qualidade de vida (BRASIL, 2009, p.33).

Em busca de atingir os objetivos citados, o programa foi fundamentado pela política dos 5R's: Repensar, Reduzir, Reaproveitar, Reciclar e Recusar o consumo de produtos que gerem impactos socioambientais significativos. Nesse contexto, foram estabelecidos os seguintes eixos temáticos: i) Uso racional dos recursos naturais e bens públicos; ii) Gestão adequada dos resíduos gerados; iii) Qualidade de vida no ambiente de trabalho; iv) Sensibilização e capacitação dos servidores; v) Compras públicas sustentáveis; e vi) Construções sustentáveis. Ratificando, neste estudo será abordado o eixo temático v) Compras públicas sustentáveis.

A UFPE, por meio da Comissão instituída através da portaria n° 4480 com o objetivo de implantar o referido programa na Instituição, teve sua adesão concretizada em 2014, recebendo assim o selo da A3P do MMA. Atualmente, a referida comissão tem trabalhado no sentido de cumprir as metas estabelecidas por meio do plano de Trabalho apresentado ao MMA para o período de 2014 a 2019.

2.2 Contratação de serviços terceirizados nas Universidades Federais

Na administração pública Federal, a terceirização surgiu com a necessidade de diminuição de sua estrutura. Cita Vieira (2004, p. 7) que "a Administração Pública vem adotando a terceirização de mão de obra, especialmente nos últimos anos, como forma de reduzir os quadros do Estado na realização de suas atividades". No Brasil, a terceirização na esfera federal se consolidou com a publicação do Decreto-Lei nº 200, de 25 de fevereiro de 1967 (BRASIL, 1967), que trata da descentralização das atividades da Administração Federal.

Para a seleção de empresas terceirizadas, o procedimento comum a ser seguido pelo gestor público diz respeito à licitação, conforme a Lei nº 8666/93 e posteriores que a modificam, visando uma contratação

mais vantajosa para a Administração e proporcionando igualdade de disputa entre os pretensos fornecedores. A importância dessa atividade se denota do status constitucional a ela atribuído pela Constituição da República Federativa do Brasil de 1988:

> Ressalvados os casos especificados na legislação, as obras, serviços, compras e alienações serão contratados mediante processo de licitação pública que assegure igualdade de condições a todos os concorrentes, com cláusulas que estabeleçam obrigações de pagamento, mantidas as condições efetivas da proposta, nos termos da lei, o qual somente permitirá as exigências de qualificação técnica e econômica indispensáveis à garantia do cumprimento das obrigações (BRASIL, 1988, art. 37, XXI).

No que se refere especificamente à contratação de serviços sob o regime de execução indireta (terceirizados), em setembro de 2017 entrou em vigor a Instrução Normativa nº 05 do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão (MPOG), trazendo diretrizes a serem observadas pela Administração Pública federal direta, autárquica e fundacional.

Considerando a importância das universidades quanto à disseminação de práticas sustentáveis, o processo de planejamento dessas contratações deve ser visto como um facilitador para inserção do tripé de sustentabilidade no ambiente universitário, pois possibilita a inclusão de indicadores a serem cumpridos pelas empresas futuramente vencedoras do processo licitatório (contratadas). Desse entendimento, podemos sugerir que o poder de contratação na esfera pública vai além das questões de cunho financeiro e devem prever sempre formas de contratação sustentável.

> É fundamental ter presente que os governos são importantes atores econômicos e, portanto, o uso adequado dos investimentos públicos pode significar, direta ou indiretamente, maior ganho social e ambiental, quer seja devido à possibilidade de geração de novos empregos, ao uso racional dos recursos naturais ou à melhoria da qualidade de vida da população (MACHADO, 2002, p.67).

Portanto, a utilização de indicadores sustentáveis no processo de planejamento das contratações irá direcioná-las para contribuir com o desenvolvimento sustentável ao mesmo tempo em que atendam às demandas geradas.

2.3 O uso de indicadores na gestão das IFES

Na busca pela perenidade, as organizações precisam manter-se em funcionamento com determinado nível de desempenho. Mensurar esse desempenho é um artifício eficiente para aumentar as possibilidades da organização, tomar decisões eficazes e permitir essa continuidade no tempo. Assim, visando um melhor entendimento acerca do objeto deste artigo, faz-se necessária a compreensão do que seria um indicador; esse pode ser entendido como um aspecto ou um valor obtido a partir de um conjunto de parâmetros, que permite a obtenção de informação acerca de determinado fenômeno (MADEIRA, 2008).

Os indicadores servem para medir a variação de algo, sendo, portanto, transitórios, representando um fenômeno em um momento e condições específicas. Decorrem da condensação de informações ou dados detalhados acerca de uma determinada questão. "Os indicadores são, deste modo, usados para quantificar a informação, simplificando a informação relativa a fenômenos complexos" (MADEIRA, 2008, p.15). Em paralelo, Pereira Filho e Bakker (2008, p. 35) afirmam que "indicadores são instrumentos de investigação que buscam representar uma realidade complexa mediante números simples e objetivos. O termo vem do latim *indicare* (apontar, descobrir, anunciar, estimar)".

Para Cuenin (1986 apud CAVE et al., 1991) são três os tipos de indicadores: simples, de desempenho e gerais. Os simples são números absolutos; os de desempenho implicam em um parâmetro de comparação; e os gerais não consideram o universo de aplicação, possuindo aplicação mais genérica. Neste artigo, considerar-se-á como foco do estudo os indicadores de desempenho voltados à sustentabilidade. Sua importância decorre do fato do indicador conter uma série de informações que acabam sendo levadas em conta para as tomadas de decisão, pois permitem a identificação de carências apontando as ações prioritárias.

Para a correta avaliação das atividades das IFES, é importante que sejam previstos instrumentos de medição. Essas atividades podem se

dividir em atividade fim e atividade meio. A primeira se relaciona diretamente com os objetivos primordiais das IFES, exteriorizados por intermédio de suas missões institucionais. Já as atividades meio ou de apoio são aquelas que viabilizam a execução da atividade fim. Entre estas, inserem-se o planejamento das compras públicas e a contratação de serviços terceirizados, os quais se submetem a uma considerável quantidade de legislações (BELMONTE, 2008).

Ainda sobre a construção de um instrumento de medição para a atividade fim das IFES, teve papel fundamental o Tribunal de Contas da União (TCU) que, na Sessão Plenária nº 408, no ano de 2002, entendeu como necessária a instituição de nove indicadores que deveriam ser incorporados aos Relatórios de Gestão das IFES, de forma a permitir uma série de benefícios, como maior transparência e controle, além de propiciar informações para tomada de decisão. O histórico dos indicadores também traria uma dimensão da evolução das universidades durante o transcorrer dos anos (BRASIL, 2002).

Esses nove indicadores instituídos pelo TCU em 2002 são: i) Custo Corrente / Aluno Equivalente; ii) Aluno Tempo Integral/Professor; iii) Aluno Tempo Integral/Funcionário; iv) Funcionário/Professor; v) Grau de Participação Estudantil; vi) Grau de Envolvimento com Pós-Graduação; vii) Conceito CAPES/MEC para a Pós-Graduação; viii) Índice de Qualificação do Corpo Docente; e ix) Taxa de Sucesso na Graduação.

Percebe-se que esses indicadores são todos voltados para as atividades fim das IFES, pois versam sobre temas finalísticos das universidades. Tais indicadores não são capazes de fornecer um diagnóstico sobre os processos de gestão das IFES. Dessa forma, cresce a importância de indicadores que possam subsidiar os processos gerenciais das Universidades.

Como forma de permitir ao administrador público instituir indicadores nos processos de avaliação dos serviços prestados às universidades, a Instrução Normativa nº 05 de 2017 do MPOG determina que na fase de planejamento para contratação de serviços seja realizado um estudo técnico preliminar, o qual confeccionará um Mapa de Riscos e um Instrumento de Medição de Resultados (IMR) que permitirá o estabelecimento de critérios e indicadores a serem observados por ocasião da prestação dos serviços. Esse IMR deve ser anexo ao Termo de Referência, e dará suporte à avaliação dos serviços contratados, de modo

a efetuar descontos no pagamento à prestadora dos serviços, caso não sejam cumpridos os critérios nele previstos.

Por meio do IMR, além dos indicadores já instituídos pelas diversas normas vigentes, os agentes públicos incumbidos do planejamento poderão considerar indicadores que julgarem pertinentes para garantir a qualidade dos serviços prestados. Além disso, é possível vincular o pagamento do serviço à qualidade com a qual ele foi prestado, abrindo a possibilidade de que o valor pago pelo serviço seja variável e corresponda ao grau de atendimento entre o que estava previsto e o que foi de fato realizado pela contratada. Essa correspondência será discriminada por indicadores obrigatoriamente previstos ou indicadores "Obrigatórios" e por indicadores escolhidos pelo agente público, aqui chamados de "Classificatórios".

Soares et al. (2006, p.3), com foco na sustentabilidade, afirmam que "indicadores de desenvolvimento sustentável devem ser capazes de mensurar o fenômeno político, tratar a questão ambiental realçando a propriedade do ecossistema local e não ignorar os fatos sociais e econômicos pertinentes ao desenvolvimento humano". Os indicadores de sustentabilidade passaram a ser adotados a partir da Conferência Mundial sobre o Meio Ambiente (Rio-92), conforme consta da Agenda 21, documento resultante da Rio-92 (MEIRINHO, 2014).

Nas últimas décadas, as empresas passaram a entender a sustentabilidade de forma mais ampla, indo de encontro aos preceitos de que a sustentabilidade tinha apenas o viés ambiental. A nova concepção de sustentabilidade deu origem ao termo criado na década de 90 por John Elkington: *triple bottom line* (TBL) que, em português, significa "tripé da sustentabilidade". Essa nova concepção compreendia, além do aspecto ambiental, outros dois aspectos: o econômico e o social. A partir de então, o TBL passou a ser bastante reconhecido, incorporado ao planejamento estratégico das empresas no que tange à inovação e geração de valor (ELKINGTON, 1997).

Após apresentadas as bases teóricas que subsidiaram o estudo, a seguir está descrita a metodologia de coleta e análise dos dados.

3. METODOLOGIA

Este trabalho se baseou em uma pesquisa exploratória, com abordagem qualitativa, do tipo estudo de caso, efetuado na Superintendência

de Infraestrutura da UFPE. A escolha por esse tipo de pesquisa teve como objetivo a averiguação das particularidades que podem ser descobertas durante o processo de coleta de dados.

A pesquisa qualitativa envolve a interpretação dos fenômenos e atribuição de significados no processo de investigação. Nesse contexto, o método do estudo de caso busca explicar um determinado fenômeno com a exploração intensa seja de uma única unidade de estudo ou de várias dessas unidades para possibilitar a elaboração de exercícios de análise comparativa visando compreender de forma ampla e detalhada o fenômeno estudado (SILVA; MENEZES, 2001; LIMA, 2008).

Na coleta de dados foram realizadas as pesquisas bibliográfica e documental. A pesquisa bibliográfica consistiu na revisão da literatura nas áreas de sustentabilidade nas Instituições Federais de Ensino Superior, contratações de serviços terceirizados e uso de indicadores nas IFES e auxiliou na análise dos dados coletados, uma vez que proporcionou conhecimento prévio para examiná-los. Já a pesquisa documental utilizou fontes internas da UFPE como dados institucionais e histórico de processos de contratações das empresas prestadoras de serviços terceirizados de limpeza, além de fontes externas como legislação, jurisprudência e boas práticas do mercado e do governo. A opção pela pesquisa documental visou o exame desses materiais que, a priori, não receberam tratamento analítico para auxiliar nas apreciações e fundamentar novas interpretações sobre o objeto de estudo (LIMA, 2008).

Os dados documentais foram coletados em outubro e novembro de 2018. Os dois documentos utilizados na coleta foram últimos Contratos de Serviços Terceirizados de Limpeza, iniciados nos anos 2011 e 2015 - realizados anteriormente e posteriormente à criação da IN nº 05/2017, respectivamente. O primeiro pode ser identificado pelo número 23076.000050/2011-70, Pregão Eletrônico nº 35 realizado no ano de 2012 e Termo de Referência realizado no ano de 2015. O segundo pode ser identificado pelo número 23076.049740/2015-51, mas a elaboração do Termo de Referência estava em andamento no período em que a coleta foi realizada – por isso não foi identificada.

A apreciação ou tratamento dessas fontes documentais foi realizada pela técnica da análise de conteúdo, que se efetuou por meio da segmentação e codificação do material consultado em unidades de análise

que, por sua vez, deram subsídio para a formulação de hipóteses explicativas (interpretativas) do problema ou universo estudado (LIMA, 2008), auxiliando na formulação de novos indicadores para melhoria do processo apreciado. Assim, ficam definidos os instrumentos de coleta e etapas de análise que auxiliaram na obtenção dos objetivos propostos e subsidiaram as conclusões do presente trabalho. A seguir, serão apresentados os resultados e discussões da pesquisa.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 O processo de planejamento da contratação de serviços pela SINFRA/UFPE: contextualização dos processos anterior e posterior à IN nº 05/2017

O processo de planejamento de contratação de serviços de limpeza da UFPE anterior ao estabelecimento da IN nº 05/2017 já buscava alinhamento com aspectos sustentáveis, pois estabelecia na justificativa do seu Termo de Referência (TR) que as rotinas de operacionalização dos serviços, bem como as especificações dos materiais e equipamentos exigidos para sua execução, deveriam considerar os critérios de sustentabilidade ambiental na aquisição de bens, contratação de serviços ou obras pela Administração Pública Federal, conforme a Instrução Normativa da Secretaria de Logística e Tecnologia da Informação do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão (SLTI/MP) nº 01, de 19 de janeiro de 2010 (BRASIL, 2010). Porém, esse alinhamento se restringia à exigência de cumprimento da IN nº 01/2010 no TR, sem que houvesse clareza quanto ao acompanhamento dessas exigências por parte da UFPE. Dessa forma, a efetividade dos aspectos sustentáveis no processo acabava prejudicada pela ausência de instrumentos e/ou regras que auxiliassem na verificação e acompanhamento desses aspectos.

Posteriormente, com a instituição da Instrução Normativa nº 05, de setembro de 2017, editada pelo Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, o procedimento adotado pela Sinfra/UFPE para contratação de serviços sob o regime de execução indireta (terceirizados) foi modificado e tornou-se mais estruturado. A seguir, será feita uma descrição das etapas desse processo de planejamento da contratação de serviços para melhor compreensão.

O marco inicial do processo de planejamento da contratação é o surgimento da necessidade por determinado serviço. A partir desse momento, há uma formalização dessa demanda por meio de documento assinado pelo setor requisitante e pelo ordenador de despesas competente. O Documento de Formalização de Demanda (DFD) será encaminhado ao setor de licitações (PROGEST) para que este providencie a designação formal da equipe de Planejamento da Contratação, composta por servidores que detenham conhecimento técnico e de uso do objeto da contratação, licitações e contratos, entre outros que se entendam cabíveis. A equipe será responsável pelo planejamento dessa contratação, a ser desenvolvido por meio do Estudo Preliminar (EP), conforme art. 24 e anexo III da IN em estudo.

Além do EP, a Equipe de Planejamento deverá elaborar um Mapa de Risco, identificando os "principais riscos que possam comprometer a efetividade do Planejamento da Contratação, da Seleção do Fornecedor e da Gestão Contratual ou que impeçam o alcance dos resultados que atendam às necessidades da contratação" (BRASIL, 2017), o qual deverá ser elaborado simultaneamente ao Estudo Preliminar e posteriormente anexado ao Termo de Referência (TR).

Outro elemento de bastante relevância a ser elaborado por essa equipe é o Instrumento de Medição de Resultados (IMR) que, conforme conceito constante da IN nº 05, diz respeito a um "mecanismo que define, em bases compreensíveis, tangíveis, objetivamente observáveis e comprováveis, os níveis esperados de qualidade da prestação do serviço e respectivas adequações de pagamento" (BRASIL, 2017). O IMR chama atenção neste estudo por se tratar de um conjunto de indicadores criados pelo ente/órgão público para medir a qualidade do serviço prestado pelas empresas terceirizadas buscando, precipuamente, a fiel execução do contrato, sob pena de desconto nos valores pagos pelos serviços contratados.

Após elaborados o EP, o IMR e o Gerenciamento de Risco, estes serão encaminhados junto ao DFD pelo setor requisitante para aprovação da autoridade competente (no caso da Sinfra, a Superintendente), que solicitará a elaboração do Termo de Referência com base nos trabalhos da Equipe de Planejamento da Contratação, e posterior envio ao setor de licitações para dar prosseguimento ao processo.

A normativa prevê genericamente que sejam incluídos possíveis critérios de sustentabilidade definidos em lei como especificação téc-

nica do serviço ou obrigações da contratada. Todavia, quando o objeto da contratação se refere a serviço de limpeza, há uma obrigatoriedade acerca da exigência de critérios de sustentabilidade ambiental no Termo de Referência, devendo ser respeitados os critérios de sustentabilidade, conforme Caderno de Logística, como se depreende do anexo VI-B, item 1.c, da IN nº 05.

Os atuais critérios de sustentabilidade utilizados na contratação de serviços pela UFPE são, além dos definidos nas legislações que norteiam o objeto, outros identificados como necessários pela equipe de planejamento da licitação atual na etapa de elaboração dos estudos técnicos preliminares. No processo que está sendo atualmente elaborado, conforme a IN nº 05/2017, para a contratação de serviço de limpeza, por exemplo, foram considerados sete indicadores obrigatórios, como segue: indicador 01: uso dos EPIs e uniformes; indicador 02: tempo de resposta às solicitações da contratante; indicador 03: atraso no pagamento de salários e outros benefícios; indicador 04: falta de materiais previstos em contrato; indicador 05: reposição de pessoal ausente; indicador 06: falta de equipamento de limpeza; e indicador 07: falta de limpeza.

Verificando os indicadores acima e analisando o Instrumento de Medição de Resultados (IMR), que estabelece os critérios de avaliação desses indicadores, observa-se que o foco principal se encontra na qualidade dos serviços prestados, não sendo valorizados os aspectos sustentáveis como parte integrante desta qualidade nos serviços. Assim, apesar da adequação à legislação e da evolução no processo de planejamento das contratações e na confecção do TR com a inclusão direta e objetiva de indicadores para medir o desempenho dos serviços a serem realizados, observa-se que eles pouco auxiliam na obtenção de resultados sustentáveis. Por esse motivo, identifica-se a oportunidade de sugerir a inclusão de outros indicadores a esse processo que possam melhorá-lo e ajudem a Universidade a contribuir de forma mais efetiva para a sustentabilidade, bem como apontar para a necessidade de que os critérios de sustentabilidade já descritos no Termo de Referência passem a constar do instrumento hábil a exigir da contratada melhor cumprimento das diretrizes sustentáveis especificadas para aquela contratação.

4.2 Proposição de indicadores de sustentabilidade para o processo de contratação de serviços terceirizados de limpeza predial

Diante do exposto na seção anterior, constata-se que o processo de planejamento de contratação de serviços de limpeza pode ser aperfeiçoado com a definição dos parâmetros estabelecidos na legislação como sendo indicadores obrigatórios e com a sua inserção no IMR, pois possibilitará melhor acompanhamento por parte da fiscalização, além de garantir, durante todo o período da contratação, a manutenção dos aspectos sustentáveis exigidos no TR. Tais aspectos são exemplificados no Quadro 1, a seguir:

Quadro 1. Indicadores Obrigatórios (parâmetros legais) para o processo de contratação de serviços de limpeza terceirizada da UFPE.

Aspecto sustentável	Indicador (Parâmetros legais)	Finalidade	Legislação ou Norma de origem
Social	Fornecer aos empregados os equipamentos de segurança (EPI e ECP) que se fizerem necessários para a execução de serviços.	Propiciar aos funcionários segurança durante o cumprimento de suas atividades.	Instrução Normativa SLTI/MPOG nº 01, de 19 de janeiro de 2010 (BRASIL, 2010).
Social	Dar preferência para materiais, tecnologias e matérias-primas e mão de obra de origem local.	Propiciar sustentabilidade social para a região onde o serviço está sendo executado.	Decreto nº 7.746, de 5 de junho de 2012 (BRASIL, 2012).
Ambiental	Utilizar para os insumos embalagens recicláveis e adequadas.	Usar corretamente os recursos naturais disponíveis.	Instrução Normativa SLTI/MPOG nº 01, de 19 de janeiro de 2010 (BRASIL, 2010).
Ambiental	Destinar para o aterro sanitário apenas os rejeitos (materiais que não tem possibilidade de reaproveitamento)	Incentivar a reutilização, por meio dos processos de reciclagem.	Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. (BRASIL, 2010).

Ambiental / social	Encaminhar os materiais recicláveis que forem recolhidos para cooperativa escolhida pela UFPE.	Incentivar a reutilização dos resíduos, por meio dos processos de reciclagem.	Decreto nº 5.940, de 25 de outubro de 2006 (BRASIL, 2006).
Ambiental	Não fazer a queima de combustíveis não renováveis, exceto os imprescindíveis para a execução dos serviços.	Evitar o aumento da poluição ambiental.	Caderno de Logística para Prestação de Serviços de Limpeza, Asseio e Conservação, versão 1.0, abril de 2014 (MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, ORÇAMENTO E GESTÃO, 2014).

Além dos Indicadores Obrigatórios já citados acima, sugere-se a inclusão de Indicadores Classificatórios que possam dar suporte às práticas sustentáveis na UFPE, tendo em conta os fatores ambiental, social e econômico, conforme descrito no Quadro 2, a seguir:

Quadro 2. Indicadores Classificatórios (parâmetros sugeridos) para o processo de contratação de serviços de limpeza terceirizada da UFPE.

Aspecto sustentável	Indicador	Finalidade	Critérios de avaliação
Social	Proporção de funcionários acima de 45 anos	Estimular a contratação de pessoas acima de 45 anos	Reservar para o público acima de 45 anos de idade ao menos: I - Três por cento das vagas, quando a execução do contrato demandar duzentos ou menos funcionários; e II - Quatro por cento das vagas, quando a execução do contrato demandar de duzentos e um a quinhentos funcionários.
Social	Proporção de funcionários LGBT	Estimular a contratação de pessoas LGBT	Reservar para o público LGBT, ao menos: I - Três por cento das vagas, quando a execução do contrato demandar duzentos ou menos funcionários; e II - Quatro por cento das vagas, quando a execução do contrato demandar de duzentos e um a quinhentos funcionários.

Social	Proporção de funcionários homens e mulheres	Estimular a contratação proporcional entre homens e mulheres	Apresentar para o preenchimento das vagas totais geradas pela contratação os seguintes percentuais: 50% funcionários do sexo masculino 50% funcionárias do sexo feminino
Social	Proporção de funcionários ex-presidiários	Estimular a contratação de ex-presidiários	Reservar para pessoas privadas de liberdade ou egressas do sistema prisional ao menos: I - Três por cento das vagas, quando a execução do contrato demandar duzentos ou menos funcionários; e II - Quatro por cento das vagas, quando a execução do contrato demandar de duzentos e um a quinhentos funcionários.
Ambiental/ Econômico	A documentação mensal dos empregados deve ser enviada ao gestor do contrato de forma eletrônica	Estimular a economia de papel e impressão	Providenciar, mensalmente, o envio da documentação necessária a comprovação da prestação do serviço por meio de CD ou DVD.
Econômico	Utilizar dispensadores de papel toalha e papel higiênico que sejam de materiais metálicos, mais duráveis que os comuns de plástico.	Evita a constante quebra observada pela fiscalização do contrato e a consequente geração de resíduos	Avaliação presencial, feita pelo fiscal responsável pelo centro. Em caso de inconformidade, aplicar sanções estabelecidas em contrato a cada dispensador identificado fora dos padrões requeridos.

5. CONCLUSÕES

Considerando a necessidade de discutir a sustentabilidade nas compras públicas, é preciso não restringir o tema a fatores estritamente ambientais, situação na qual tradicionalmente são verificadas a geração e destinação de resíduos, o presente estudo apresenta uma visão holística abordando também fatores sociais e econômicos – corresponsáveis na quali e quantificação dos indicadores sustentáveis almejados. Equilibrar essa trilogia é um dos principais desafios para as diversas organizações no cenário contemporâneo, incluindo as IFES. A Univer-

sidade Federal de Pernambuco tem se esforçado para aliar desenvolvimento a esse equilíbrio por meio do seu planejamento, gestão, ensino, pesquisa, extensão, operações e serviços prestados à comunidade acadêmica e ao público externo. Constata-se, porém, que os procedimentos atualmente adotados podem ser aperfeiçoados a partir da análise e da inclusão de outros indicadores que auxiliem em uma avaliação mais aprofundada visando uma contratação mais sustentável.

O estudo em tela, ao focar a fase de planejamento das contratações de serviços, em especial o de limpeza predial do *campus* Recife, foi assertivo, haja vista se tratar de etapa fundamental do processo, na qual podem ser previstos mecanismos que ajudem a disseminar uma cultura de responsabilidade socioambiental na administração pública e servir como um instrumento de garantia para que seus agentes atendam às expectativas de sustentabilidade durante a execução das atividades previstas em contrato. Logo, essa fase processual tem potencial para prever e proporcionar a melhoria dos resultados parciais e finais dos serviços prestados pelos funcionários terceirizados de limpeza.

Não obstante o planejamento seja uma etapa importante desse procedimento de contratação, sugere-se a realização de estudos futuros das etapas processuais seguintes, especialmente a fase de execução contratual e sua fiscalização, para que seja possível apreciar o efetivo cumprimento das obrigações. Sugere-se também submeter a validação dos indicadores escolhidos a um profissional com conhecimento técnico necessário para que sejam validados por meio da aplicação de teoria adaptativa para comprovação da sua eficácia.

Quanto à Comissão A3P, embora não tenha sido verificada sua intervenção no planejamento desse processo, apenas o fato de ter sido instituída demonstra que a UFPE está em vantagem competitiva em relação a outras IFES que ainda não aderiram à Agenda Ambiental da Administração Pública e já destina esforços para cumprir as metas estabelecidas no Plano de Trabalho apresentado pelo MMA (2014-2019). Assim, sugere-se que seja feito outro estudo após o ano de 2019 a fim de fazer um *checklist* das metas e, com os membros da referida Comissão, promover a análise dos resultados e traçar diretrizes para os anos posteriores.

Por ora, a metodologia utilizada possibilitou que fossem observados pontos de melhoria no Processo de Planejamento da Contratação dos Serviços Terceirizados de Limpeza, a serem aplicados nas próxi-

mas contratações. Entre eles, notou-se como sendo de maior relevância a necessidade de estipulação de mecanismos de acompanhamento do cumprimento dos critérios de sustentabilidade constantes no Termo de Referência, sendo viável a sua inclusão no Instrumento de Medição de Resultados (IMR), fazendo com que seu descumprimento seja medido e possa acarretar em desconto nos valores a serem recebidos pela empresa.

Finalmente, é importante salientar que devido ao fato deste trabalho ter sido realizado com a participação de servidores da UFPE atuantes no processo de planejamento das contratações da Superintendência de Infraestrutura, sua importância se eleva em virtude de facilitar sua divulgação entre os agentes envolvidos nos processos de planejamento, viabilizando que as considerações aqui apresentadas sejam acolhidas para as próximas contratações de serviço de limpeza terceirizado, facilitando assim a disseminação de uma cultura sustentável no ambiente organizacional.

REFERÊNCIAS

BELMONTE, Alexandre Agra. **Aspectos jurídicos atuais da terceirização trabalhista.** Revista do Tribunal Superior do Trabalho, Porto Alegre, v. 74, n. 4, p. 26-52, out./dez. 2008.

BRASIL. **A3P – Agenda Ambiental da Administração Pública.** Cartilha A3P. Brasília: MMA; SDS; PNEA, 2009.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil.** Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm>. Acesso em: 09 out 2018.

BRASIL. **Decreto-Lei nº 200**, de 25 de fevereiro de 1967. Dispõe sobre a organização da Administração Federal, estabelece diretrizes para a Reforma Administrativa e dá outras providências. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/Del0200.htm>. Acesso em: 08 out 2018.

BRASIL. **Decreto nº 5.940**, de 25 de outubro de 2006. Institui a separação dos resíduos recicláveis descartados pelos órgãos e entidades da administração pública federal direta e indireta, na fonte geradora, e a sua destinação às associações e cooperativas dos catadores de materiais recicláveis, e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 26 out. 2006. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Decreto/D5940.htm>. Acesso em: 07 out. 2018.

BRASIL. **Decreto nº 7.746**, de 5 de junho de 2012. Regulamenta o art. 3º da Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993, para estabelecer critérios e práticas para a promoção do desenvolvimento nacional sustentável nas contratações realizadas pela administração pública federal direta, autárquica e fundacional e pelas empresas estatais dependentes, e institui a Comissão Interministerial de Sustentabilidade na Administração Pública - CISAP. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Decreto/D7746.htm>. Acesso em: 07 out. 2018.

BRASIL. **Instrução Normativa nº 05/2017**, de 26 de maio de 2017. Dispõe sobre as regras e diretrizes do procedimento de contratação de serviços sob o regime de execução indireta no âmbito da Administração Pública federal direta, autárquica e fundacional. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 26 maio. 2017. Disponível em:<https://www.comprasgovernamentais.gov.br/index.php/legislacao/instrucoes-normativas/760-instrucao-normativa-n-05-de-25-de--maio-de-2017>. Acesso em: 07 out. 2018

BRASIL. **Instrução Normativa SLTI – MP nº 01**, de 19 de janeiro de 2010. Disponível em: <https://www.governodigital.gov.br/documentos-e arquivos/legislacao/INSTRUCAO%20NORMATIVA%20N.%2001%20de%20 2010%20-%20Compras%20Sustentav.pdf/view>. Acesso em: 07 out. 2018.

BRASIL. **Lei nº 8.666**, de 21 de junho de 1993. Regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8666cons.htm> Acesso em: 17 nov. 2018.

BRASIL. **Lei nº 12.305**, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em

< http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em 07 out 2018.

BRASIL. Tribunal de Contas da União - TCU. **Decisão 408 - Plenário**. Relatório Consolidado de Auditoria Operacional. Brasília, DF, 24 de abril de 2002. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/sesu/arquivos/pdf/indicadores.pdf>. Acesso em: 07 out. 2018.

CAVE, M., HANNEY, S., HENKEL, M. and KOGAN, M. . **The Use of Performance Indicators in Higher Education: The Challenge of the Quality Movement**, London: Jessica Kingsley Publishers, 1991.

COSTA, A. V. O.; ALMEIDA, M.F.L. Indicadores de Sustentabilidade para Instituições de Ensino Superior: Contribuições para a Agenda Ambiental PUC-Rio. In: **Congresso de Gestão de Tecnologia Latino--Iberoamericano. 15**. 2013. Porto, Portugal. Anais... Porto, Portugal: ALTEC, v. 1. p. 1- 20, 2013.

ELKINGTON, J. **Cannibals with forks:** the triple bottom line of 21st century business. Oxford: Capstone, 1997.

LIMA, Manolita Correia. **Monografia:** A engenharia da produção acadêmica. 2 ed. São Paulo: Saraiva, 2008.

MACHADO, J. G. **Gestão Ambiental na Administração Pública:** a mudança dos padrões de consumo "começa em casa". Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento Sustentável. Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília. 2002.

MADEIRA, Ana Carla Fernandes Damião. **Indicadores de Sustentabilidade para Instituições de Ensino Superior**. Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente – Ramo de Gestão e Tratamento de Resíduos Industriais – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto, p 15. 2008.

MEIRINHO, André Furlan; BUCIOR, Elvis Roni; DIAS, Vera Lucia Nehls. Gestão Pública para Resultados e Indicadores de Desenvolvimento Sustentável. **Revista Eletrônica Para Onde!?,** Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Porto Alegre, RS, Brasil, v. 8, nº 2, p. 114-122, ago./dez. 2014. Disponível em <https://seer.ufrgs.br/paraonde/article/view/61584> Acesso em: 07 nov. 2018.

MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, ORÇAMENTO E GESTÃO, **Caderno de Logística para Prestação de Serviços de Limpeza, Asseio e Conservação**. Brasília, 2014. Disponível em:

<https://www.comprasgovernamentais.gov.br/images/conteudo/ArquivosCGNOR/servicos_limpeza.pdf>. Acesso em: 07 nov. 2018

PEREIRA FILHO, Saulo Rodrigues; BAKKER, Fábio Isaias. **Indicadores de Desenvolvimento Sustentável.** Brasília: Consórcio UFBA, UFLA, UnB, UFMT, INEPAD. 2008.

SACHS, Ignacy. Estratégias de transição para o século XXI. In: BURSZTYN, M. (Org.). **Para Pensar o Desenvolvimento Sustentável**, S. Paulo: Brasiliense, 1993.

SILVA, Renato C.; BARKI, Teresa V. P. Compras públicas compartilhadas: a prática das licitações sustentáveis. **Revista do Serviço Público**, v. 63, n. 2, p. 157-175, 2012.

SILVA, Edna Lúcia da; MENEZES, Estera Muszkat. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. - 3. ed. rev. atualizada - Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2001.

SOARES, Salomão; STRAUCH, Julia C. M.; AJARA, Cesar. **Análise espaço-temporal dos índices de sustentabilidade na Microrregião de Coari – Estado do Amazonas**. In: Encontro Nacional De Estudos Populacionais, 15., 2006, Caxambu, MG. Disponível em:<http://www.abep.org.br/publicacoes/index.php/anais/article/view/1493/1458> Acesso em: 07 nov. 2018.

TAUCHEN, J.; BRANDLI, L. L. A gestão ambiental em instituições de ensino superior: modelo para implantação em campus universitário. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 13, p.503-515, 2006.

VIEIRA, Antonieta Pereira. **Curso de Gerenciamento de Contratos de Terceirização e de Prestação de Serviços**. Brasília: ENAP/FDRH, ano 2004. Terceirização e de Prestação de Serviços. Brasília: ENAP/FDRH, p. 7, 2004.

2.6 IMPORTÂNCIA DA REATIVAÇÃO DO CATIVEIRO DA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL (APA) BARRA DE MAMANGUAPE PARA CONSERVAÇÃO DO PEIXE-BOI (*TRICHECHUS MANATUS MANATUS* LINNAEUS, 1758)

SANTOS, Maria Gabriela Peixoto Alves
Graduanda
Departamento de Zoologia da Universidade Federal de Pernambuco (CB/UFPE)
mgabipeixoto@gmail.com

SILVA, Núbia Monique
Graduanda
Centro de Biociências da Universidade Federal de Pernambuco (CB/UFPE)
ambientais.10@hotmail.com

JÚNIOR, Jorge Alberto Muniz Ferreira
Graduando
Departamento de Ambiente, Saúde e Segurança do Instituto Federal de Pernambuco (DASS/UFPE)
jorgeamfj17@hotmail.com

RODRIGUES, Gilberto Gonçalves
Professor Adjunto
Departamento Zoologia da Universidade Federal de Pernambuco (CB/UFPE)
gilberto.rodrigues@ufpe.br

RESUMO

No Brasil existem duas espécies de peixes-boi – o amazônico (*Trichechus inunguis*) e o marinho (*T. manatus manatus*) – que atualmente são encontradas apenas no litoral da região Nordeste. O peixe-boi vive em águas costeiras, além de ecossistemas estuarinos e rios, e é uma espécie K-estrategista, que necessita de um elevado custo energético para manutenção de sua prole, logo, sua sobrevivência é de suma importância para a perpetuação da espécie. Porém, com a pressão antrópica este organismo é atualmente listado na *International Union for Conservation of Nature* (IUCN) como uma espécie vulnerável. Diante das ameaças supracitadas, o presente estudo visa ressaltar a importância da reativação do cativeiro localizado na Área de Proteção Ambiental (APA) Barra do Rio Mamanguape, na Paraíba. Junto à APA, instituições ambientais e a comunidade se uniram com a proposta de manter a área ativa, porém não foi possível, estando a APA Barra do Rio Mamanguape atualmente desativada, dificultando o processo de recuperação e a reintrodução dos peixes-boi encontrados debilitados no litoral do Nordeste. O corte de verbas relacionadas a temática ambiental contribui para sucatear as instituições envolvidas na conservação ambiental. A reconstrução e reativação do recinto com o trabalho da comunidade local e a Fundação de Meio Ambiente (FMA) podem auxiliar na conservação dessa espécie tão importante para a manutenção dos processos ecossistêmicos do litoral do Nordeste brasileiro e demonstrar o poder da população e dessas instituições.

PALAVRAS-CHAVE: Mamíferos aquáticos, Reabilitação, Unidade de Conservação.

1. INTRODUÇÃO

Muitos dos termos usados na temática e na gestão ambiental são do vocabulário comum, palavras usadas diariamente e, muitas vezes, cada um interpreta o significado da sua maneira, até mesmo no meio científico. O próprio conceito de ambiente permite múltiplas interpretações e alguns livros e artigos que trabalham com a temática ambiental nem mesmo tentam buscar a sua definição. Porém, a conceituação de ambiente é muito importante para a gestão, pois a depender de como seja definido, juridicamente as estratégias de gestão ambiental podem se se moldar e se desenvolver em relação a esse termo (SANCHEZ, 2013).

No Brasil, de acordo com a Política Nacional do Meio Ambiente, o termo ambiente é "o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas" (BRASIL, 1981, art. 3º). Esse conceito somente foca nos meios bióticos, físicos e químicos e na manutenção da vida. Outros países possuem enfoques diferentes sobre o que seria o ambiente e, algumas vezes, o termo nem é trabalhado juridicamente, cabendo aos gestores e atores fazerem sua própria interpretação em cada caso.

Na maioria das vezes, os estudos ambientais são divididos em meio físico, meio biótico e meio antrópico, e o ambiente abrange esses meios e suas interações. Diferentes disciplinas trazem leituras com termos relacionados, definindo a relação entre esses meios com termos sinônimos, como a relação entre o natural e o construído; a relação entre os recursos naturais, ambientais e os recursos humanos, culturais; e a relação entre o capital natural e o capital humano, social e econômico (SANCHEZ, 2013). O mais difundido é o natureza-sociedade, no qual o ambiente é entendido como o espaço da relação entre a natureza e sociedade, implicando também relações entre os elementos da natureza e entre os elementos da sociedade (HAESBAERT, 2014).

Porém, a natureza vem se modificando diariamente pelas ações antrópicas e a sociedade precisa constantemente gerir o ambiente, ou seja, coordenar a relação entre sociedade e natureza. Há duas perspectivas em debate atualmente no que se refere à gestão ambiental: a primeira é sempre renovar as formas que a sociedade se apropria da natureza, de forma a determinar o melhor ambiente de produção do ser humano, e a segunda é determinar o que a natureza suporta e quando estabelece limites

para a ação da sociedade (THEYS, 1993 apud SANCHEZ, 2013, p. 22). Na realidade, é importante usar as duas abordagens e analisar cada caso de forma ampla, para chegar na resposta de como gerenciá-lo. Olhar o ambiente de forma interdisciplinar, analisando cada um de seus elementos e suas interações, é muito importante, pois uma só área do conhecimento ou forma de enxergar o espaço não consegue analisar todas as problemáticas ambientais. É importante também olhar para o ambiente não só pelas suas interações, mas "como um conjunto de condições e limites que deve ser conhecido, mapeado, interpretado – definido coletivamente, enfim –, dentro do qual evolui a sociedade" (SANCHEZ, 2013, p. 22).

A partir do momento em que a sociedade começou a perceber seus impactos negativos no ambiente, uma das formas de geri-lo foi passar a pensar em um modelo de desenvolvimento sustentável. Esse pensamento foi ainda mais acentuado a partir da década de 1970, quando ocorreu a crise do petróleo e os danos sociais e econômicos causados fizeram com que a sociedade refletisse sobre o modelo atual de desenvolvimento (PHILIPPI JR. et al., 2013).

Todas essas crises e problemáticas ambientais acabaram por ocasionar a diminuição na população de diversas espécies e até mesmo processos de extinção, o que é algo natural e já aconteceu várias vezes ao logo de bilhões de anos, a exemplo do que afetou os dinossauros. Porém, até então, os eventos erradicavam populações em massa e não havia relação com atividades antrópicas, contrariamente ao que ocorre atualmente. Isso porque as ações humanas têm acelerado o fenômeno de declínio de populações de animais até mil vezes mais do que se o processo ocorresse naturalmente. Ou seja, muitas vezes são realizadas ações sem pensar nos diferentes impactos que elas irão causar aos diferentes aspectos do ambiente, gerando impactos negativos nos ecossistemas de diversos organismos (ALVES, 2016).

Tantos danos causados por seres humanos corroboram, sem sombra de dúvidas, com o declínio acelerado da fauna e flora, levando muitos animais ao risco de se extinguir ou até mesmo à sua extinção local ou completa da natureza. Isso é preocupante, visto que a partir do declínio são gerados gargalos populacionais, ou seja, ao reduzir bruscamente o número de indivíduos em uma população, isso possibilita com que haja deriva genética mais fortemente nas primeiras gerações e, consequentemente, perda de variabilidade genética. Tais problemas

podem resultar na falta de adaptabilidade da espécie, levando o organismo a fracassar ao enfrentar mudanças nas condições ambientais.

Globalmente, de acordo com a União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN) das 93 577 espécies registradas em sua lista vermelha, cerca de 26 000 estão ameaçadas de extinção (IUCN, 2018). Já no Brasil, no ano de 2016, o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBIO) publicou a sua própria lista vermelha, baseada no resultado de avaliações feitas dos anos de 2009 a 2014. Esse material informa que dos quase 9000 vertebrados descritos no País, cerca de 8922 foram avaliados. Destes, 732 corresponderam a mamíferos, dos quais: 12 táxons foram considerados criticamente em perigo (CR); 43, em perigo (EN); e 55, em estado vulnerável (VU) (ICMBIO, 2016). Considerando-se os mamíferos que se encontram na lista vermelha do ICMBIO, um desses é o peixe-boi marinho (*Trichechus manatus manatus*), que, por muito tempo esteve em "estado crítico" (alto risco de ser extinto); após muitas ações, hoje ele encontra-se em "perigo", ou seja, o grau de risco de ser erradicado da natureza passou a ser menor, porém ainda necessitam de muitas ações para que saiam de qualquer status que os deixem vulneráveis (Ibidem).

A taxa de natalidade desses mamíferos é muito baixa; isso ocorre por serem uma espécie K-estrategista, ou seja, o custo energético é bastante elevado para manutenção de sua prole. Assim, a sobrevivência de juvenis é de suma importância para a perpetuação da espécie, o que contribui para seu atual status de conservação. Apesar disso, a espécie possui uma grande importância na cadeia trófica e sua atuação tem importância para os ecossistemas estuarinos, pois evita que algas e fanerógamos se acumulem em um único local da costa, além de impedir as superpopulações. Sua conservação tem importância direta e indireta para a manutenção dos manguezais e de outras espécies. Então, protegê-lo significa cuidar do ecossistema do qual ele faz parte, implicando na conservação de outras espécies também (ICMBIO, 2014).

Devido à importância da espécie para o ambiente, os pesquisadores e técnicos da Área de Preservação Ambiental (APA) Barra do Rio Mamanguape, junto à Fundação de Mamíferos Aquáticos (FMA), representada pelo Projeto "Viva o Peixe-Boi Marinho", e o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) mantiveram por anos o recinto para reabilitação e reintrodução do peixe-boi no estuário da Barra de Mamanguape, como forma de conservação dessa espécie e

do ecossistema na qual está inserida, considerando que a APA na Paraíba é a principal área de contração da espécie no Nordeste. Porém, há muito tempo o recinto se encontra desativado, dificultando o processo de recuperação e reintrodução dos peixes-boi encontrados em estado vulnerável no litoral do Nordeste. Diante das ameaças supracitadas, o presente estudo visa ressaltar a importância da reativação do cativeiro localizado na APA, além da relação que a população tem com a conservação do peixe-boi marinho.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O mundo vem enfrentando diversas problemáticas ambientais. Um aspecto importante para a resolução desta crise é a mudança dos padrões de consumo e das atitudes antrópicas, pois o estilo consumista atual vem degradando o meio ambiente. A sustentabilidade surge como proposta para mudança, respeitando não só a população humana, mas também outros seres vivos que compõem a fauna e flora. A conservação ambiental é um dos principais instrumentos usados para a criação de Áreas Protegidas (APs) ou Unidades de Conservação (UCs), como é o caso da APA Barra de Mamanguape.

No Brasil, em 2000, foi criado um instrumento legal que regulamenta as UCs, a Lei nº 9985, popularmente chamada de Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), que as define como:

> [...] espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção (BRASIL, 2000, art. 2º).

A APA Barra de Mamanguape é uma área de proteção ambiental criada em setembro de 1993, pelo Decreto nº 924 (BRASIL, 1993), sendo um dos seus principais objetivos conservar e proteger o peixe-boi marinho bem como outras espécies da fauna e flora ameaçadas e os recursos hídricos, além da melhoria da qualidade de vida da população e fomento para o turismo e a educação ambiental. Somente após

a criação do SNUC em 2000, a UC recebeu a denominação de APA, se encaixando nas UCs de Uso Sustentável, dentro das quais é permitida a "exploração do ambiente de maneira a garantir a perenidade dos recursos ambientais renováveis e dos processos ecológicos, mantendo a biodiversidade e os demais atributos ecológicos, de forma socialmente justa e economicamente viável" (BRASIL, 2000, art. 2º).

A APA Barra de Mamanguape é uma das principais áreas de ocorrência e reprodução do peixe-boi marinho *T. manatus manatus*, mamífero aquático ameaçado de extinção e categorizado como vulnerável, em declínio populacional e com populações severamente fragmentadas pela Lista Vermelha da União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN); no Brasil, de acordo com a Lista Vermelha mais atual, é listado como "em perigo" (ICMBIO, 2016). Felizmente, já houve uma melhora em seu status se comparado a trabalhos semelhantes mais antigos, nos quais a espécie foi listada como "criticamente em perigo" (MACHADO et al., 2008).

O peixe-boi marinho já é considerado extinto nos estados do Espírito Santo, Bahia e Sergipe. Atualmente, é encontrado ao longo do litoral nordestino do Amapá à Alagoas (ICMBIO, 2014). É considerada uma espécie K-estrategista, que demora alguns anos para atingir a maturidade sexual e investe muita energia em pequenas proles; possui baixa taxa reprodutiva e, normalmente, após um período de gestação de 12 a 13 meses, nasce um único filhote, que é amamentado por dois anos. Dessa forma, essa espécie gera poucos filhotes e a sobrevivência deles é fundamental para a manutenção da espécie (CHOI-LIMA, 2017).

Além disso o peixe-boi marinho foi usado como uma espécie-bandeira para auxiliar na conservação da APA: além de ser um grande mamífero, tem apelo estético com o público e é importante para manter o equilíbrio do ambiente no qual vive, principalmente em relação ao controle de populações de plantas aquáticas, uma vez que essa espécie precisa ingerir de 8% a 13% do seu peso em alimento e chega a ficar de seis a oito horas por dia se alimentando (ICMBIO, 2014).

A população da APA teve um papel importante na conservação do peixe-boi marinho. O conhecimento tradicional – o "conjunto cumulativo de saberes e crenças transmitidas culturalmente através de gerações sobre a relação dos seres vivos (incluindo os humanos) entre si e com seu meio-ambiente" (BERKES, 1993 apud DIEGUES, 2004, p. 1) – que

os mesmos transmitiam foi de grande importância na implementação e formulação de Plano de Manejo da APA. Considerando a dificuldade na resolução das problemáticas ambientais, as medidas de conservação e as formas de alcançar uma sustentabilidade exigem uma análise complexa do ambiente, sendo necessário diferentes formas de conhecimento e pontos de vista em relação ao ambiente (PHILIPPI et al., 2013).

As diferentes disciplinas precisam olhar seus pontos negativos e positivos e conversarem entre si para discutir como usar cada um dos conhecimentos de forma que cada uma tenha seu conhecimento respeitado e todas participem de forma igual, com seus pontos positivos. Além disso, as estratégias para a conservação do ambiente ou resolução de suas problemáticas devem reconhecer o conhecimento tradicional como uma área de conhecimento que possui a mesma importância e papel do que outras áreas do meio cientifico (PHILIPPI et al., 2013).

Cunha (2007) também defende a importância que o conhecimento tradicional tem para o científico. A autora ressalta a diferença entre as duas formas de conhecimento e justifica que o valor dessas duas áreas está justamente na sua divergência, trazendo como necessário para manter uma relação ideal entre essas duas áreas "preservar a vitalidade da produção do conhecimento tradicional, reconhecer e valorizar suas contribuições para o conhecimento científico e fazer participar as populações que o originaram nos benefícios que podem decorrer de seus conhecimentos" (CUNHA, 2007, p. 84). A autora pontua a importância do conhecimento tradicional no desenvolvimento de patentes – ainda que muitas vezes o detentor inicial desse conhecimento não seja reconhecido – e a importância de reconhecer o modo que as comunidades tradicionais compreendem seus arredores, conhecimento que pode ser usado de diversas formas.

Além da transmissão de conhecimentos, a educação ambiental da população promovida principalmente pelo projeto "Viva o Peixe-Boi Marinho" foi de suma importância para o sucesso da UC. De acordo com a Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA), educação ambiental é constituída pelos:

> [...] processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades,

> atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade (BRASIL, 1999, art. 2º).

Essa construção de valores contribuiu principalmente para a conservação do peixe-boi na APA Barra de Mamanguape, pois de acordo com os moradores locais, no início, na implementação da APA, o peixe-boi era amplamente caçado e usado de diversas formas, porém com o trabalho do projeto e de outros pesquisadores, eles passaram a entender a importância e a vulnerabilidade dessa espécie, até que a maior parte da população deixou de explorá-lo.

A exploração do peixe-boi vem principalmente das comunidades indígenas, que tinham o habito de caçar o animal para obter sua carne e gordura para fabricação de remédios caseiros. Essa é uma dificuldade para a gestão do território da APA, pois as comunidades indígenas possuem o direito de livre escolha dos seus meios de vida e subsistência (FUNAI, 2018), mesmo que esse seja contrário ao permitido na UC.

Os donos de terra e o setor privado também têm proibições, mas acabam podendo burlá-las por meio de liminares, enquanto as comunidades tradicionais sentem e precisam aceitar todas as proibições que, muitas vezes, são redigidas sem uma conversa inicial com a população. Esta realidade vai contra aquilo que é proposto em um modelo sustentável de desenvolvimento e conservação, pois se pensado no "tripé da sustentabilidade" onde as ações sustentáveis teriam de ser economicamente viáveis, socialmente justas e ambientalmente corretas, pensando nesses elementos de forma horizontal, um de seus pilares é deixado de lado, ainda que as práticas realizadas sejam economicamente viáveis e ambientalmente corretas, não estão sendo socialmente justas.

Infelizmente, é comum que leis e UCs, entre outras estratégias de conservação ambiental e implementação da sustentabilidade, não sigam, de fato, um ideal sustentável e, sim, alimentem o velho paradigma do desenvolvimento que busca somente atingir um patamar de industrialização e progresso. Principalmente pela APA ser uma UC de Uso Sustentável, os gestores e as comunidades precisam dialogar, exigir e conceder até que cheguem a um consenso do que deve ou não ser feito no território protegido.

3. METODOLOGIA

3.1 Caracterização da área de estudo

A APA da Barra do Rio Mamanguape está localizada no litoral norte da Paraíba, envolvendo a porção estuarina dos Rios Mamanguape e Miriri. Cerca de 16,2% da área da UC equivale à porção marítima. Quatro municípios estão inseridos no território da APA, são eles: Rio Tinto; Marcação; Lucena; e Baía da Traição – os dois últimos representam somente uma pequena parcela da área (ICMBIO, 2014).

Em relação à população dessa área, há uma grande diversidade de etnias e comunidades. De acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa (2008), há 18 comunidades de pescadores e aldeias indígenas da tribo potiguara, sendo elas: comunidades de Aritingui; Barra de Mamanguape; Cravassu; Lagoa de Praia; Pacaré; Praia de Campina; Taberaba; Tanques; Tatupeba; Tavares; Vila Veloso; Curral de Fora; e as aldeias de Jaraguá; Brejinho; Caieira; Camurupim; Tramataia; e Akajutibiró. Ainda existem três áreas indígenas no território da APA, sendo duas regularizadas e uma delimitada, chamadas de Potiguara; Potiguara de Monte-Mor; e Jacaré de São Domingos (FUNAI, 2018). A sede do projeto "Viva o Peixe-Boi Marinho" está localizada no município de Rio Tinto, na comunidade de Barra de Mamanguape, pela proximidade que ele tem com os moradores dessa comunidade, porém o projeto sempre visa expandir sua área de influência, além de visitar muitas outras áreas da APA (ICMBIO, 2014).

3.2 Procedimentos metodológicos

Inicialmente, foi feita uma revisão bibliográfica acerca do tema estudado, a partir de livros, artigos, dissertações, leis, entre outros textos. Em seguida, foram realizadas atividades de campo em um perí-

odo de três dias, entre 27 e 30 de agosto de 2018, na área de estudo, onde foram feitas entrevistas semiestruturadas por meio de pautas e registros por anotações. As pautas trabalhadas nas entrevistas foram: relação com a APA Barra de Mamanguape; relação/conhecimento quanto ao Peixe-Boi e o projeto "Viva o Peixe-Boi Marinho"; e o antigo e o novo cativeiro.

A pesquisa apresentou um critério de inclusão, sendo exclusiva para moradores e frequentadores da APA Barra de Mamanguape e sua área de influência que possuem ou possuíram alguma relação com o projeto "Viva o Peixe-Boi Marinho" e à FMA. Foram considerados os depoimentos apenas de pessoas maiores de 18 anos, convidadas para participar da pesquisa por observação da área da APA, ou pelo método "bola de neve", no qual um entrevistado indica outros indivíduos a serem entrevistados. Em relação ao critério de exclusão, foram excluídos da pesquisa menores de idade e indivíduos que se declararam incapazes de responder a entrevista.

Todas as entrevistas foram realizadas com o consentimento do entrevistado em local e condições nas quais ele se sentisse confortável. Em relação aos benefícios adquiridos, os participantes auxiliam na gestão da APA Barra de Mamanguape, contribuindo com as atuais questões pelas quais a área está passando, auxiliando na conservação do ambiente e integrando os conhecimentos tradicionais aos científicos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As equipes de pesquisadores do projeto "Viva o Peixe-Boi Marinho", da APA Barra de Mamanguape e do Centro Nacional de Pesquisa e Conservação da Biodiversidade Marinha do Nordeste (CEPENE), juntamente com a comunidade da APA e seu entorno, vêm trabalhando na reconstrução de um cativeiro para readaptação e reabilitação de peixes-boi marinhos (Fig. 1; Fig. 2).

Figura 1. Embarque das estacas para a construção do espaço de readaptação e reabilitação do peixe-boi marinho.

Fonte: Acervo FMA, 2018.

Figura 2. Construção do espaço de readaptação e reabilitação de peixe-boi marinho.

Fonte: Acervo FMA, 2018.

De acordo com o projeto, a previsão para conclusão da obra do recinto é até o final de abril deste ano (2019), na imagem (Fig. 3) tirada em janeiro de 2019 é possível observar o avanço da obra, onde o recinto já aparenta estar quase todo cercado, ainda de acordo com o projeto a previsão será mantida e não haverá mais atrasos – considerando que antes o recinto estava previsto para ficar pronto em dezembro de 2018 – pois as obras estão bem próximas de seu fim.

Figura 3. Avanço das obras no espaço de readaptação e reabilitação de peixe-boi marinho.

Fonte: Acervo FMA, 2019.

Durante as entrevistas, foi citado o Plano de Ação Nacional para a Conservação dos Sirênios (PAN Sirênios), documento criado pelo Centro Nacional de Pesquisa e Conservação da Biodiversidade Marinha do Nordeste (Cepene) que busca planejar a conservação dos peixes-boi. Os principais objetivos que o documento traz são:

> I – Avaliação e redução dos impactos das atividades antrópicas na área de ocorrência da espécie;
>
> II – Aumento do conhecimento sobre a distribuição, biologia e ecologia do peixe-boi marinho;

> III – Aprimoramento das técnicas de manejo de populações;
>
> IV – Aumento da proteção e manutenção da qualidade dos *habitats* na área de distribuição;
>
> V – Educação ambiental voltada para a conservação do peixe-boi marinho;
>
> VI – Implementação de medidas de ordenamento e controle. (ICMBIO, 2011 pag. 39).

A implementação do recinto auxiliará nas técnicas de manejo da população de peixe-boi marinho, melhorando as medidas de ordenamento, controle e reintrodução da espécie, pois sua reabilitação será feita em ambiente natural.

Os entrevistados também citaram a importância do recinto para os cuidados clínicos do animal, pois muitas vezes um indivíduo precisa de um cuidado maior e a existência de um local fixo com instrumentos necessários para realizar os procedimentos clínicos auxilia todo o processo de manejo da população.

Além disso, o recinto funcionará como apoio para o turismo local, gerando renda para a comunidade e auxiliando na educação ambiental. Também está sendo construída uma estrutura a partir de onde a comunidade e os turistas poderão observar os peixes-boi que estão sendo cuidados. Esse contato da população com o animal dará visibilidade e maior relevância à essa iniciativa, auxiliando no processo de conservação dos animais, dos ecossistemas e territórios associados aos manguezais e à APA Barra de Mamanguape.

5. CONCLUSÕES

Com as diversas crises e problemáticas ambientais que enfrentamos, a natureza vem sofrendo pelas escolhas que a sociedade vem realizando. Porém, a sociedade está cada vez mais sentindo os impactos negativos de suas atitudes, pois não há como no ambiente, considerado o espaço da interação entre sociedade e natureza, se esquecer desta interação, os impactos tanto negativos quanto positivos gerados na natureza são sempre refletidos na sociedade.

Com esse cenário negativo, a sociedade está buscando novas formas e estratégias para conservar o ambiente. Uma importante medida foi a idealização e as atuais tentativas de implementação do desenvolvimento sustentável. A própria criação de UCs como a APA Barra de Mamanguape pode ser considerada um passo para a sustentabilidade, porém ainda há muito a ser percorrido e mudado para que o ideal de desenvolvimento da sociedade atual mude e torne-se, de fato, sustentável.

Com essas estratégias sendo feitas no Brasil, houve uma pequena melhora no status de conservação do peixe-boi, pelos avanços no planejamento e gestão das áreas de proteção onde a espécie está inserida. Porém, ainda há muito o que fazer para que a espécie deixe de ser ameaçada e a reativação do cativeiro da APA ajudará significativamente por esse ser o território de maior ocorrência do peixe-boi marinho.

As comunidades presentes na APA e as equipes da APA, do projeto "Viva o Peixe Boi Marinho" e da Cepene vêm trabalhando para reconstrução e reativação do recinto de reabilitação do peixe-boi, o que irá trazer diversos benefícios para a conservação da espécie, como a melhora no manejo, na adaptação e nos cuidados do animal, além da reafirmação do peixe-boi como uma espécie bandeira e o fomento da economia local com o turismo.

Logo, a reativação do cativeiro é fundamental no processo de recuperação dos peixes-boi. Também é importante aumentar o quantitativo de áreas e estratégias de proteção para o *T. manatus manatus*, pois, como já foi visto, esse tipo de ação trouxe um impacto positivo para a gestão dessa espécie, sendo necessário manter e ampliar outras ações relacionadas.

REFERÊNCIAS

ALVES, J. E. D. **A humanidade é especista**. Laboratório de demografia e estudos populacionais, UFJF. Disponível em: <http://www.ufjf.br/ladem/2016/08/26/a-humanidade-e-especista-artigo-de-jose-eustaquio--diniz-alves/>. Acesso em: 28 de nov. de 2018. 2016.

BRASIL. **Decreto Federal nº 924 de 1993**: Cria a Área de Proteção Ambiental da Barra do Rio Mamanguape no Estado da Paraíba e dá outras providências. 1993.

BRASIL. **Lei Federal no 6.938 de 1981**: Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. 1981.

BRASIL. **Lei Federal nº 9.795 de 1999**. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. 1999.

BRASIL. **Lei Federal nº 9.985 de 2000**: Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. 2000.

CHOI-LIMA, K. F. **Estimativa de abundância e impactos antrópicos sobre o Peixe-boi marinho (*Trichechus manatus*) no estuário dos Rios Timonha e Ubatuba, divisa dos estados do CE e PI**. 2017. Tese (Doutorado em Ciências Marinhas Tropicais) - Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

CUNHA, M. C. da. Relações e dissensões entre saberes tradicionais e saber científico. In: **Revista USP**, São Paulo, n.75, p. 76-84, set./nov. 2007.

DIEGUES, A. C. Conhecimento tradicional e apropriação social do ambiente marinho. In: DIEGUES, A. C. **A pesca construindo sociedades**. São Paulo: Nupaub-USP, p. 195-223. 2004.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Gestão Ambiental Territorial Rural na Área de Proteção Ambiental da Barra do Rio Mamanguape (PB)**. Jaguariúna, 2008.

FUNAI, Fundação Nacional do Índio. **Índios do Brasil**: as terras indígenas. 2018. Disponível em: <http://www.funai.gov.br/index.php/indios-no-brasil/terras-indigenas> Acesso em: 20 nov. 2018.

HAESBAERT, R. **Viver no limite**: território e multi/transterritorialidade em tempos de in-segurança e contenção. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014.

ICMBIO, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Plano de Ação Nacional para a Conservação dos Sirênios**, Brasília, 2011.

ICMBIO, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Plano de Manejo APA da Barra do Rio Mamanguape ARIE de Manguezais da Foz do Rio Mamanguape**, Brasília, 2014.

ICMBIO, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Sumário executivo livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção**. 2 ed. Brasília, 2016.

IUCN. União Internacional para a Conservação da Natureza. **The IUCN Red List of Threatened Species**. 2018. Disponível em: < https://www.iucnredlist.org/ > Acesso em: 20 nov. 2018.

MACHADO, A. B. M.; DRUMMOND, G. M.; PAGLIA, A. P. 2008. **Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção**. 1 ed. Brasília: MMA; Fundação Biodiversitas. 2v., 1420 p. 2008.

PHILIPPI JR, A.; SOBRAL, M. do C.; FERNANDES, V.; SAMPAIO, C. A. C. Desenvolvimento sustentável, interdisciplinaridade e Ciências Ambientais. **Revista Brasileira de Pós-Graduação**. Brasília, v. 10, n. 21, p. 509 – 533, 2013.

SANCHEZ, L. E. **Avaliação de Impacto Ambiental:** conceitos e métodos. 2ª ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

EIXO TEMÁTICO 3: EDUCAÇÃO AMBIENTAL E SUSTENTABILIDADE

3.1 Educação ambiental mediada por jogos digitais para a diminuição e separação de resíduos sólidos escolares.

3.2 Uso de mapas conceituais como ferramenta avaliativa no ensino de compostagem.

3.3 Elaboração de um guia prático para gerenciamento de resíduos químicos na Universidade Federal Rural De Pernambuco.

3.4 A educação ambiental a partir da educação sanitária no trabalho técnico social do Programa de Aceleração do Crescimento Beberibe.

3.5 Descarte de resíduos sólidos gerados: o grau de conhecimento e sensibilização ambiental de discentes e servidores do *Campus* Recife da Universidade Federal De Pernambuco.

3.6 Educação ambiental em ambiente religioso no município de Recife, Pernambuco.

3.1 EDUCAÇÃO AMBIENTAL MEDIADA POR JOGOS DIGITAIS PARA A DIMINUIÇÃO E SEPARAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS ESCOLARES

SANTOS, Álison
Mestrando
Departamento Biociências da Universidade Federal de Pernambuco
(CB/UFPE)
alisonbssantos@gmail.com

OLIVERIA JÚNIOR, Juarez
Docente
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco
(IFPE/Campus Belo Jardim)
juarez.oliveria@belojardim.ifpe.edu.br

PAIVA, Laura
Prof. Dra. do Departamento de Micologia
Centro de Biociências da Universidade Federal de Pernambuco
(CB/UFPE)
mesquitapaiva@terra.com.br

RESUMO

A geração de resíduos sólidos resultante do crescimento populacional desmesurado tem sido objeto de estudos que buscam formas de minimizar os impactos causados ao meio ambiente e à saúde das pessoas. O objetivo desta pesquisa foi implementar a Educação Ambiental na Escola Nossa Senhora da Saúde, localizada em Belo Jardim, Pernambuco, através de jogos digitais, com os alunos do 4º e 5º ano. Assim, questionários foram aplicados para analisar o conhecimento dos alunos acerca das temáticas trabalhadas e os resultados mostraram que 73% dos alunos identificaram os materiais que podem ser reciclados e 85% sabem o que é coleta seletiva. Cerca de 83% dos alunos identificaram o aterro sanitário como o destino final do lixo produzido na cidade, enquanto 9% ainda relatam que o destino do lixo seria o lixão e 8% afirmam que não sabem qual seria esse destino. A separação dos resíduos domésticos em materiais recicláveis e não recicláveis é realizada nas residências de 47% dos alunos, enquanto 45% afirmam que não fazem a separação e 8% afirmam que, às vezes, a realizam. Dessa forma, esta pesquisa mostrou-se eficaz, contribuindo para modificar as atitudes dos envolvidos para o consumo mais consciente, passando a realizar coleta seletiva na escola.

PALAVRAS-CHAVE: Coleta seletiva, Lixo, Reciclagem.

1. INTRODUÇÃO

Ao longo do ano letivo, os conteúdos interdisciplinares vivenciados muitas vezes são aprendidos de forma superficial por parte dos alunos. Assim, as avaliações formais escolares revelam que eles parecem não ter internalizado o que foi explanado. Na perspectiva Ausubeliana, a utilização de jogos com fins pedagógicos mostra que a aprendizagem pode ocorrer de forma mais significativa.

Para Filho et al. (2007),

> aprender brincando torna-se parte integrante ação educadora por prover o emprego do elemento lúdico como forma de atrair a atenção do aprendiz, convidando-o a experimentar um universo contextualizado ao objeto epistêmico em consideração, fugindo da abordagem (p. 01).

Contudo, o educador deve estar atento para que as atividades não percam o caráter pedagógico e se tornem algo apenas lúdico. Dessa forma, o educador deve fazer, na medida do possível, reflexões sobre suas práticas pedagógicas, visando a construção de uma aprendizagem significativa para os alunos por ser essa, muitas vezes, uma prática que surge através das necessidades dos próprios estudantes.

Assim, as atividades lúdicas são elementos muito úteis no processo de construção e fixação do conhecimento, pois permitem desenvolver competências de contexto formativo em vários quesitos, como comunicação, relação interpessoal, liderança e trabalho em equipe, equilibrando cooperação e competição (BRASIL, 2006), além do desenvolvimento psicocognitivo (SILVA; ALMEIDA, 2016). Ainda, Brenelli (1996) afirma que o jogo é uma atividade lúdica importante no processo de ensino, pois, além do desenvolvimento das competências listadas anteriormente, também atua no desenvolvimento afetivo, motor, cognitivo, social e moral e, é claro, na aquisição de conhecimento.

As competências estabelecidas pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC) propõem práticas educativas voltadas para o processo de ensino/aprendizagem e compreensão de questões sociais que vão além dos conhecimentos já trabalhados tradicionalmente. A proposta da quinta competência da Cultura Digital estabelece que os educandos

devem compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de forma crítica, significativa e ética. A inserção de recursos educacionais de multimídia adequados no currículo escolar pode ampliar a sua produtividade pessoal, suprir déficits de habilidades e facilitar a aprendizagem. A utilização, por exemplo, de *softwares* educativos estabelece uma nova possibilidade de discussões e debates dentro da sala de aula e mesmo na escola, propondo mudanças de atitudes e valores nos estudantes para que eles possam exercer a cidadania.

Ainda nesse contexto, as novas práticas lúdicas no âmbito escolar, aliadas à tecnologia, estão sendo cada vez mais vivenciadas, levando o professor a remodelar as formas de ensinar, desenvolver e repassar conhecimento, bem como chamar a atenção do aluno ao exercitar suas práticas pedagógicas. Para Borges (2005, apud RAMALHO, SIMÃO, PAULO, 2014), alguns pesquisadores viram nos jogos características que poderiam contornar o envolvimento do aluno, trazendo para a educação o ensino lúdico, ou seja, o aprender agradável.

Contudo, conforme declara Moreira (2000), o aluno deve ter a capacidade de "manejar a informação, criticamente, sem sentir-se impotente frente a ela", ao mesmo tempo em que coteja a "tecnologia sem idolatrá-la". O autor ainda acrescenta que o aprendiz deve "mudar sem ser dominado pela mudança; [...]; aceitar a globalização sem aceitar suas perversidades; [...]; rejeitar as verdades fixas, as certezas, as definições absolutas, as entidades isoladas" (MOREIRA, 2000 p. 07).

Práticas pedagógicas mediadas por jogos com questões ambientais podem levar os educandos a refletirem e consolidarem seus conhecimentos sobre a sustentabilidade do planeta, conscientizando-os de que são parte do problema e, ao mesmo tempo, parte da solução. Segundo Silva e Passerino (2007), o desafio é formular uma educação ambiental que seja, simultaneamente, lúdica e crítica, prazerosa e conscientizadora, tendo como objetivo o desenvolvimento de um ambiente virtual que permita a simulação e a manipulação de objetos de interesse na educação ambiental.

Os jogos digitais podem levar ao público-alvo, de forma lúdica e atraente, informações educativas sobre consumo consciente, descarte correto de resíduos, formas de evitar a poluição das águas, entre outras diversas questões ambientais, como relatam Martins et al. (2012). Por sua vez, Alves et al. (2013) sustentam ser fundamental levar em conta requisitos pedagógicos que tornem o processo de ensino-aprendizagem eficiente,

atrativo e significativo, mobilizando o jogador para mudança de atitude e incorporação de práticas sobre o uso responsável dos recursos naturais.

Nessa premissa, o presente trabalho busca introduzir o jogo "O Reciclador[1]" como uma nova ferramenta de ensino. Esse aplicativo, lançado pela empresa HidroTime junto com o Grupo Arca Brasil e financiado pelo INOVApps 2015, programa do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, tem como objetivo transmitir conhecimentos sobre reciclagem e coleta seletiva de maneira divertida, simples e agradável para crianças e adolescentes. O aplicativo possui monstros feitos de resíduos que surgem ao longo do tempo; quanto mais o tempo passa, mais eles vão se acumulando e evoluindo em criaturas maiores e, para derrotá-los, o jogador deve levar os recicláveis deixados pelos monstros derrotados para as lixeiras adequadas, representadas por papel (azul), vidro (verde), metal (amarelo) e plástico (vermelho). A Figura 1 mostra o *layout* do aplicativo.

Figura 1. *Layout* do aplicativo 'O Reciclador'.

Fonte: http://www.hidrotime.com.br/portfolio/reciclador/ (2018).

1 Para o *download* do aplicativo, o usuário deve acessar o Google *Play*, a Apple *Store* ou o Windows *Store*, de acordo com o sistema operacional do *smartphone* utilizado.

Além disso, as lixeiras reciclam o material depositado dentro delas e geram moedas para o jogador. Com esses recursos, o jogador pode investir em empreendimentos sustentáveis que o ajudam em sua jornada. A escolha do jogo se deu pela estrutura utilizada em sua jogabilidade, classificação e metodologia que mantém a base para a presente pesquisa.

A utilização desse novo objeto de aprendizagem vem mostrar que é possível aprender um conteúdo de uma maneira mais atraente, compreendendo melhor conceitos já trabalhados e preparando os alunos para incorporarem novos conceitos, como empreendimentos sustentáveis, praticarem a coleta seletiva e, assim, participarem de maneira mais integral da redução dos impactos ambientais causados por esses resíduos sólidos.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esta pesquisa teve como aporte a teoria da aprendizagem significativa proposta pelo teórico David Ausubel, tendo em vista que o aprendizado ocorre de uma maneira mais lúdica, dando sentido aos conteúdos vivenciados em sala de aula e utilizando como ferramenta os jogos digitais.

Partindo dessa premissa, Fink (2003, apud Moreira, 2011) afirma que:

> Os conteúdos podem tornar-se potencialmente significativos se tiverem significado lógico, ou seja, se se incluírem dentro dos limites da compreensão de cada indivíduo. O autor acrescenta ainda que todas as experiências de aprendizagem significativas oferecem, pelo menos, uma das seguintes potencialidades: i) valorizar a vida do aprendente (a sua cultura artística, científica, etc.); ii) permitir ao aprendente contribuir para as comunidades das quais faz parte (família, comunidade local, religião, grupos de interesse, etc.); e iii) preparar o aprendente para o mercado de trabalho, adquirindo os conhecimentos, capacidades e atitudes necessárias para ser eficaz numa ou mais áreas profissionais (p. 195).

Ausubel (apud Alegro, 2008) em sua teoria afirma que para a aprendizagem ser significativa, a aquisição dos novos saberes deve modificar alguns dos conhecimentos prévios do aprendiz e, dessa forma, passar a fazer parte integrante da estrutura cognitiva e tornar-se relevante

em sua vida. O autor leva em conta a história do sujeito, que deve estar predisposto para aprender, e ressalta o papel dos docentes no planejamento de situações que favoreçam a aprendizagem.

De acordo com Paula (2016), os pressupostos supracitados apontam que:

> Os sujeitos apresentam uma organização cognitiva interna baseada em conhecimentos de caráter conceitual, sendo que a sua complexidade depende muito mais das relações que esses conceitos estabelecem em si que do número de conceitos presentes. Entende-se que essas relações têm um caráter hierárquico, de maneira que a estrutura cognitiva é compreendida, fundamentalmente, como uma rede de conceitos organizados de modo hierárquico de acordo com o grau de abstração e de generalização (p. 03).

De acordo com Moreira (2012), para que a aprendizagem significativa seja efetivada é preciso entender o processo de transformação do conhecimento que o educando já tem em um novo saber, em vez de comportamento em um sentido externo e observável, reconhecendo a importância que os processos mentais têm nesse desenvolvimento.

Para Alegro (2008 p. 31), respaldada em Novak e Gowin (1996), a modificação da estrutura cognitiva não é apenas uma atividade interna do sujeito, mas resulta também da sua interação com o outro, o coletivo, o social. A pesquisadora ainda afirma que é determinante a mediação do professor e da instrução no processo de aprendizagem. O docente consegue direcionar os estudantes à reflexão sobre os conteúdos vivenciados, despertando os conhecimentos prévios deles e, dessa forma, contribuindo para que desenvolvam pontos de vista conscientes em relação ao meio ambiente.

Em relação aos jogos em sala de aula, Murcia (2005) relata que:

> O jogo é um fenômeno antropológico que se deve considerar no estudo do ser humano. É uma constante em todas as civilizações, esteve sempre unido à cultura dos povos, à sua história, ao mágico, ao sagrado, ao amor, à arte, à língua, à literatura, aos costumes, à guerra. O jogo serviu de vínculo entre povos, é um facilitador da comunicação entre os seres humanos (p. 09).

Kishimoto (2006, p.10) corrobora com esse pensamento e sinaliza que o jogo pode ser um importante "recurso para educar e desenvolver a criança, desde que respeitadas as características da atividade lúdica". O emprego de tal recurso pode ser considerado como um artifício que estimula o aluno a ver na aprendizagem algo atrativo.

Ainda, Maluf (2006) afirma que a incorporação de jogos na prática pedagógica pode desenvolver o aumento dos significados construtivos para o educando, ou seja, a associação do significado ao seu símbolo pela construção do conhecimento se torna mais eficiente com a utilização dos jogos didáticos.

Além disso, Valente et al. (2005) relatam que os jogos não são apenas simples atividades; são os agentes responsáveis pela criação de estratégias, de senso crítico e desenvolvimento de confiança. Também atuam como estimulante do pensamento, incentivando trocas interpessoais, proporcionando a aprendizagem de forma descontraída e proveitosa, inspirando uma educação que vai além do ato de ensinar determinado conteúdo (SANTOS, 2001).

Segundo Messeder e Rôcas (2009), há uma tendência de se aliar o lúdico ao ensino das ciências nas salas de aula, podendo ser observados o uso de jogos pedagógicos, de histórias em quadrinhos, de charges, de peças teatrais, de desenhos, além de outras técnicas e métodos que podem promover a ludicidade e trazer contribuições para a construção de saberes científicos.

É preciso colocar o educando como personagem principal no processo educativo, participando da elaboração, execução e avaliações propostas, podendo assim, nesse papel de protagonista, agir, interferir e questionar, alcançando objetivos e chegar às suas próprias conclusões nas dinâmicas de atividades, como os jogos educacionais.

Dessa forma, as atividades lúdicas promovem a integração dos alunos facilitando a socialização entre eles, a disciplina e o desenvolvimento do convívio social por meio das atividades realizadas em grupo. O professor, ao utilizar um jogo digital como forma de abordagem dos conteúdos, pode facilitar e, ao mesmo tempo, possibilitar a assimilação dos alunos com o conteúdo de forma agradável, motivando-os para o seu aprendizado.

3. METODOLOGIA

O desenho metodológico desenvolvido para esta pesquisa foi, em relação aos procedimentos, o estudo de caso, uma vez que se buscou investigar o uso de jogos digitais para dispositivos móveis como instrumento de aprendizagem. Além disso, no que diz respeito à abordagem, os preceitos da pesquisa quantitativa foram utilizados, uma vez que se atentou à medição objetiva e à quantificação dos resultados, bem como buscou a precisão, evitando distorções na etapa de análise e interpretação dos dados.

A pesquisa teve como proposta introduzir um aplicativo que abordava a temática de reciclagem. O experimento contou com a participação de 80 alunos, sendo 46 alunos do 4º ano e 34 alunos do 5º ano da Escola Nossa Senhora da Saúde, localizada no município de Belo Jardim, em Pernambuco. A escola da rede privada de ensino tem 27 anos de fundação e oferece a Educação Infantil e o Ensino Fundamental I, funcionando nos horários matutino e vespertino. A escola possui nove salas de aula, sala dos professores e biblioteca, sendo importante referência em ensino no bairro onde está situada. Neste estudo, os alunos foram informados para usarem o jogo livremente após a vivência do conteúdo em sala de aula pelo período de quatro semanas.

Em relação aos procedimentos, as seguintes etapas foram executadas:

- Explanação sobre o tópico "Reciclagem e coleta seletiva" pelo professor;
- Apresentação do aplicativo que foi utilizado;
- Regras da duração do uso do aplicativo pelos alunos;
- Aplicação do questionário;
- Triangulação dos dados; e
- Discussão dos dados coletados.

A utilização do *software* no contexto trabalhado em sala de aula criou uma situação de ensino baseada na interação, na motivação e na descoberta, facilitando a aprendizagem de um conteúdo anteriormente vivenciado. Esse jogo educacional possui um ambiente atraente e interativo que captura a atenção do educando oferecendo desafios, nos quais será praticada a separação dos resíduos sólidos, transformando

os resíduos em objetos reutilizáveis e gerando as moedas para serem investidas em empreendimentos sustentáveis, exigindo aptidão e habilidades dos alunos.

A inserção desse novo objeto de aprendizagem no ambiente escolar levou cada jogador a experimentar situações de acúmulo de resíduos, ao invés de apenas ouvir sobre elas, estimulando uma reflexão mais profunda sobre as condições de vida que parte da população do planeta vivencia. O jogo foi utilizado em sala de aula para cada aluno jogar, refletir e depois discutir os assuntos com toda a classe.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dessa forma, 82% dos alunos utilizaram seu próprio dispositivo móvel (*smartphone*), enquanto 18% utilizaram o dispositivo dos responsáveis, havendo, assim, a participação da totalidade dos alunos. Ao fim do prazo estipulado, um questionário foi aplicado e cada aluno, individualmente, respondeu às perguntas de acordo com o que foi vivenciado. Para a análise dos resultados, foi utilizado o método de frequência relativa em todos os quesitos do questionário aplicado. Assim sendo, 73% dos alunos identificaram quais materiais são recicláveis, enquanto 27% não reconheceram os possíveis materiais que podem ser reciclados. A seguir, o Gráfico 1 ilustra o que foi dito.

Gráfico 1. Materiais recicláveis identificados pelos alunos

Fonte: Autor.

Os resultados obtidos pela aplicação do questionário apontam que a maioria dos participantes respondeu de forma positiva sobre a usabilidade do jogo, pois 100% dos participantes concordaram que o jogo ajudou na compreensão do conteúdo vivenciado na aula, corroborando o que diz Mattar (2010), que os jogos digitais permitem que o jogador construa e participe de forma ativa no seu processo de aprendizagem. Ainda, apontamos que 61% dos alunos conseguiram entender rapidamente a lógica do jogo enquanto 39% assistiram ao tutorial para entender o que deveria fazer para interagir com o jogo. Apenas um aluno procurou auxílio de outros colegas para compreender a dinâmica do jogo.

Cerca de 83% dos alunos identificaram o aterro sanitário como o destino final do lixo produzido na cidade, enquanto 9% ainda relatam que o destino do lixo seria o lixão e 8% afirmam que não sabem qual seria esse destino, como mostra o Gráfico 2.

Gráfico 2. Destino do lixo produzido na cidade.

Fonte: Autor.

A separação do lixo doméstico em materiais recicláveis e não recicláveis é realizada nas residências de 47% dos alunos participantes, enquanto 45% dos alunos afirmaram que não fazem a seleção e 8% afirmaram que, às vezes, realizam essa separação em suas residências. Todos os alunos afirmaram que se preocupam com a grande quan-

tidade de resíduos sólidos produzidos pela população e os impactos produzidos por eles. A utilização desse jogo estimula os educandos a se mobilizarem, buscando soluções para os problemas ambientais nos quais estão inseridos; dá-se ênfase ao manejo sustentável de recursos naturais e à mudança do comportamento individual, como sugerem Silva e Campina (2011) em seu trabalho. A Tabela 1 indica o que foi relatado acima.

Tabela 1. Separação do lixo doméstico

Prática da separação do lixo doméstico	Quantitativo de alunos (%)
Realizam a separação do lixo reciclável	47
Não realizam a separação do lixo	45
Realizam, às vezes, a separação do lixo	8

Fonte: Autor.

A maioria dos alunos (87%) concordou que conseguiram identificar quais eram os materiais recicláveis e quais suas respectivas lixeiras, mostrando assim melhor assimilação dos conteúdos trabalhados em sala de aula pelo professor. Esse resultado é importante, pois reflete que o aluno conseguiu entender os conteúdos trabalhados na sala de aula e usá-los sob uma perspectiva diferente.

O jogo também trabalha o investimento em empreendimentos sustentáveis, uma vez que o jogador deve investir o que ganha com a reciclagem em ações quem diminuam os impactos ambientais que os resíduos poderiam causar ao meio ambiente. No total, 70% dos alunos realizaram investimentos nessas ações. Nesse jogo educativo, a aprendizagem da coleta seletiva e da reciclagem proposta está incorporada a outros elementos, formando um todo único e integrado como descreve em sua pesquisa Schell (2011). Outro resultado que desperta atenção é a motivação dos alunos, já que todos concordaram que se sentiram motivados à medida que foram avançando pelos estágios.

Os resultados também apontaram que a maioria dos alunos aprovou o apoio da utilização de jogos educativos digitais como ferramenta de aprendizagem, por transformarem-na em algo lúdico e divertido. Por último e não menos importante, 93% dos alunos avaliaram o jogo

como bom (39%) ou ótimo (54%) e apenas 7% dos alunos avaliaram o jogo como regular. O jogo como ferramenta de aprendizagem foi bem recebido pelos alunos, que acharam um método divertido e inovador na compreensão do conteúdo o processo de baixar o jogo em seu dispositivo e aprender com ele – algo inovador, uma vez que muitos professores banem os *smartphones* das salas de aula. A seguir, a Tabela 2 ilustra o que foi descrito acima.

Tabela 2. Avaliação do Jogo Digital como ferramenta de Aprendizagem

Avaliação do Jogo Digital	Quantitativo de alunos (%)
Consideram o jogo como ótimo	54
Consideram o jogo como bom	39
Consideram o jogo como regular	7

Fonte: Autor.

Todos os alunos, quando questionados sobre o uso de descartáveis e sacolas plásticas, afirmaram que os utilizam no seu dia a dia, inclusive na escola, mas que poderiam mudar seu comportamento. Com essa ideia, os alunos passaram a trazer seus copos individuais e a não utilizarem os copos descartáveis em sala de aula, para assim diminuir a quantidade de resíduos sólidos gerados na escola.

Ainda, 90% dos alunos consideraram a cidade limpa, pois a coleta do lixo é realizada três vezes na semana em cada bairro. Houve uma modificação nas atitudes dos envolvidos na pesquisa e também nas outras salas da instituição, incentivando a todos para o consumo mais consciente. Os alunos, depois de incentivados pela pesquisa, passaram a realizar coleta seletiva na escola: a triagem dos resíduos recicláveis passou a ser realizada na própria sala de aula pelos alunos e cada sala recebeu lixeiras, o que facilitou na seleção dos resíduos que eles produziam.

5. CONCLUSÕES

A principal contribuição deste trabalho foi utilizar um jogo digital móvel para auxiliar os alunos no aprendizado sobre a coleta seletiva,

a reciclagem e os investimentos em empreendimentos sustentáveis. Com esta abordagem construtivista, ele trabalha conceitos aprendidos em sala de aula sob uma perspectiva diferente, despertando maiores interesses nos alunos, uma vez que o aluno está acostumado com problemas rotineiros apresentados pelo professor em sala de aula. Os jogos, além de facilitarem a compreensão, permitem manter associações e contextualizações que corroboram os anseios dos documentos norteadores da Educação Básica brasileira sobre a formação de cidadãos conscientes, atuantes, críticos e adaptativos.

Foi perceptível a satisfação dos alunos em participarem de atividades lúdicas, principalmente jogos educacionais, que tiram os alunos da rotina de aulas expositivas tradicionais: eles percebem que conseguem aprender mesmo quando estão "brincando". Os alunos são muito receptivos ao uso de jogos que facilitam a compreensão e assimilação dos conteúdos, independentemente da área do conhecimento abordada. Os jogos digitais para dispositivos móveis são um diferencial nas aulas, por associarem a construção do conhecimento e a diversão.

REFERÊNCIAS

ALEGRO, R. C. **Conhecimento prévio e a aprendizagem significativa de conceitos históricos no ensino médio**. S. Paulo: Universidade Estadual Paulista. 2008.

ALVES, J.; MIRANDA, G. M.; FERREIRA, I. D. M.; SANTE, P.; NUNES, V. B.; FÁVERO, R. **Eco Trash:** Um jogo educacional para auxílio na educação ambiental. Congresso Brasileiro de Informática na Educação 2013, Campinas, Brasil, 2013.

BRASIL. **Orientações Curriculares para Ensino Médio**: Ciências da natureza, Matemática e suas tecnologias. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2006.

BRENELLI, R. P. **O jogo como espaço para pensar**: a construção de noções lógicas aritméticas. Campinas: Papirus, 1996.

FINK, L. D. **Creating significant learning experiences:** An integrated approach to designing college courses. Jossey-Bass Inc Pub. 2003.

FILHO, J. W. S.; BRITO, C. E. N.; SANTOS, C. L.; ALVES, A. C. M.; Schneider, H. N.
Jogo Tartarugas: objeto de aprendizagem na Educação Ambiental. 2007. Disponível em: <http://www.comunidadesvirtuais.pro.br/seminario4/trab/jwsf_cenb_cls_acma_hns.pdf> Acesso em 28 maio 2017.

KISHIMOTO, T. M. **Jogos infantis:** o jogo, a criança e a educação. Petrópolis: Vozes, 2006.

MALUF, A. C. M. Atividades lúdicas como estratégias de ensino aprendizagem. **Psicopedagogia online,** 2006. Disponível em: http://www.psicopedagogia.com.br/index.php/649-atividades-ludicas-como-estrategias-de-ensino-e-aprendizagem. Acesso em 28 jan. 2017.

MARTINS, D. C. L; VIEIRA, V. S; SOARES, R. A. R.; RODRIGUES, D. C. G. A; Consumo Consciente: Elaboração de um jogo virtual como contribuição à educação ambiental. **Revista Ensino, saúde e ambiente**, Vol. 5, 2012.

MATTAR, J. **Games em educação**: como os nativos digitais aprendem. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

MESSEDER, J. C.; RÔCAS, G. O lúdico e o ensino de ciências: um relato de caso de uma licenciatura em química. **Revista Ciências & Idéias**, v. 1, p. 1, 2009.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa crítica.** Conferência proferida no III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa. Peniche, Portugal, 11 a 15 de setembro, 2000. (Publicação nas Atas do Encontro).

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem Significativa:** a teoria e textos complementares. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

MOREIRA, M. A. **O Que é Afinal Aprendizagem Significativa.** Aula Inaugural do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais, Instituto de Física, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, MT, 23 de abril de 2010. Aceito para publicação, Qurriculum, La Laguna, Espanha, 2012.

MURCIA, J. A. M. **Aprendizagem através do jogo**. Porto Alegre: Artmed, 2005.

NOVAK J. D.; GOWIN, D. B. **Aprender a aprender**. Lisboa: Plátano Ed Técnicas. 1996.

PAULA, M. T. A Disciplina de história no ensino fundamental: multimodos e múltiplas representações na aprendizagem significativa com o uso das TICS. In: PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação. Superintendência de Educação. **Os Desafios da Escola Pública Paranaense na Perspectiva do Professor** PDE, 2016. Curitiba: SEED/PR., 2016. V.1. (Cadernos PDE). Disponível em: http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes_pde/2016/2016_artigo_hist_uel_marcelotadeudepaula.pdf. Acesso em 20/11/2018. ISBN 978-85-8015-080-3

RAMALHO, J. E.; SIMÃO, F.; PAULO, A. B. D. Aprendizagem por meio de jogos digitais: um estudo de caso do jogo animal crossing. **Ensaios Pedagógicos - Revista Eletrônica do Curso de Pedagogia das Faculdades OPET**, 2014.

SANTOS, S. M. P. Apresentação. In: SANTOS, S. M. P. (Org.). **A ludicidade como ciência**. Petrópolis: Vozes, 2001.

SILVA, A. A; PASSERINO, L. M. A Fazenda Software Educativo para a Educação Ambiental. **Revista Novas Tecnologias na Educação,** CINTED-UFRGS - V. 5, Nº 2, Dez, Porto Alegre – RS, 2007.

SILVA, E. M.; ALMEIDA, M. S. A importância do lúdico no processo de desenvolvimento cognitivo da criança. **Anais do 9º Enfope – Encontro Internacional de Formação de Professores**. v. 9, nº 1, p. 1-10, 2016.

SILVA, R. L. F; CAMPINA, N. N. Concepções de educação ambiental na mídia e em práticas escolares: contribuições de uma tipologia. **Pesquisa em Educação Ambiental**, vol. 6, n. 1, 2011.

SCHELL. J. **A arte de game design**: o livro original. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

VALENTE, T.; COSTA, A. R. A.; OLIVEIRA, M. G.; TAVARES, R. F.; SOUZA, T. M. F. A contribuição do lúdico no processo de ensino-aprendizagem. **Tempo & Ciência, Revista do Centro Universitário Luterano de Manaus**, nº 11/12, 2004/2005.

3.2 USO DE MAPAS CONCEITUAIS COMO FERRAMENTA AVALIATIVA NO ENSINO DE COMPOSTAGEM

SILVA, Alice Sabrina Ferreira
Doutoranda em Tecnologias Energéticas e Nucleares
Departamento de Energia Nuclear da Universidade Federal de Pernambuco (DEN/UFPE)
aliceferreiraquimica@gmail.com

TAVARES, Arthur Antunes Lemos
Graduado em Ciências Biológicas com ênfase em Ciências Ambientais
Departamento de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Pernambuco (DCB/UFPE)
arthurcaatinga@gmail.com

RESUMO

Mapas conceituais (MCs) são diagramas que indicam associações entre conceitos e palavras usados como recurso facilitador no processo ensino/aprendizagem. A utilização dos MCs proporciona maior interação aluno/professor e melhor correlação entre os conceitos já existentes e os recentemente adquiridos, além de promover indícios de aprendizagem significativa. Assim, este trabalho teve como objetivo principal analisar a importância da utilização de MCs, além de investigar as possíveis modificações nos conceitos e ideias apresentados previamente pelos discentes. O público-alvo foram estudantes universitários dos cursos de Engenharia Agrícola e Ambiental. A temática abordada foi "Compostagem: Processos e Aplicações". A atividade efetivou-se em quatro etapas: apresentação dos MCs, conceitos e construção; produção do primeiro MC, no qual foram externados conhecimentos prévios pelos discentes; intervenção didática; e produção do segundo MC, após aula de intervenção. Ao analisar os MCs, foi possível observar relevantes alterações, especialmente no segundo mapa. As mudanças ocorreram não apenas com relação ao acréscimo de conceitos e palavras de ligação, mas principalmente no aprofundamento e embasamento teórico. Assim, podemos inferir que o uso de MCs como metodologia alternativa de avaliação pode auxiliar no processo ensino/aprendizagem de forma a contribuir com a formação socioambiental, propiciando mudanças na estrutura cognitiva e consequentemente promovendo indícios de aprendizagem significativa.

PALAVRAS-CHAVE: educação ambiental, resíduos orgânicos, novas metodologias.

1. INTRODUÇÃO

A grande geração de resíduos e seu descarte inadequado vêm aumentando o índice mundial de degradação ambiental. Diante do atual cenário, vários países têm buscado formas de reutilização dos resíduos gerados, a fim de diminuir os impactos ambientais causados pela deposição ambientalmente incorreta dos resíduos (SILVA et al., 2016). Entre os resíduos gerados, mais de 50% são considerados Resíduos Sólidos Orgânicos (RSO) que segundo a Lei nº 12305/2010, são resíduos e não rejeitos e, por esse motivo, precisam ser encaminhados para algum tipo de tratamento específico e não devem ser destinados ao aterro sanitário (BRASIL, 2010 e ABRELPE, 2016).

Os resíduos podem ser reciclados por meio de usinas sofisticadas ou procedimentos simples, como trituração e maturação dos resíduos alimentícios, vegetais e torta de lodo. Esses resíduos podem ser transformados em adubo orgânico por meio da compostagem, técnica capaz de ser realizada em espaços pequenos com limitadas quantidades de materiais de maneira simples e prática (KIEHL, 2002). O processo de decomposição da matéria orgânica através de microrganismos em meio aeróbio é denominado compostagem, técnica de fácil manuseio e monitoramento, que resulta na estabilização do composto orgânico. Seu uso pode proporcionar diversos benefícios para o solo e plantas (DUTRA et al., 2013).

É importante salientar que as leis e mudanças voltadas ao meio ambiente devem estar atreladas a projetos de Educação Ambiental (EA), a fim de obterem melhores resultados, envolvendo e sensibilizando a sociedade em geral. Entendem-se por EA as atividades e percepções coletivas que buscam construir valores socioambientais de maneira que a conservação do meio ambiente e a sustentabilidade sejam inseridas no cotidiano do indivíduo (BRASIL, 2018a). De acordo com as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Ambiental (DNEA), a EA não deve ser vista apenas como uma disciplina incluída no conteúdo programático, mas sim como um meio de incentivar o pensamento crítico, fortalecendo a responsabilidade social, evidenciando os deveres e direitos dos discentes para com a sociedade e meio ambiente (BRASIL, 2018b).

Nesse contexto, a educação ambiental se destaca pelo seu importante papel na sociedade e é através dela que podemos mudar a realidade

da degradação ambiental atual, sensibilizando e diminuindo conscientemente os impactos causados pelas ações antrópicas. De acordo com a Lei nº 9795/99, a EA deve estar presente em todos os níveis de escolaridade de maneira articulada e dinâmica, abordando novas metodologias, buscando atingir de maneira significativa todas as modalidades do processo educacional (BRASIL, 2018b).

O uso de mapas conceituais (MCs) na EA auxilia nesse contexto do uso de novas metodologias de ensino, uma vez que o indivíduo interliga os conhecimentos já existentes na sua estrutura cognitiva com os novos conhecimentos que, então, adquirem novos significados. Esse processo favorece a promoção de uma aprendizagem mais significativa (MOREIRA, 2012). Para Ausubel (2003), aprendizagem significativa é expandir e organizar as ideias já existentes, enfatizando o que osdiscentes já sabem como base para a construção e modificação de novos significados.

A temática "compostagem" apresenta-se como parte importante na EA; ao abordá-la, trabalha-se a atual problemática dos RSO e sua destinação ambientalmente correta. Além de contribuir de maneira positiva para o uso de novas metodologias voltada a EA, a compostagem utiliza a sua interdisciplinaridade para favorecer o processo ensino-aprendizagem (LIMA et al.,2016). Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo principal utilizar MCs como ferramenta didática na avaliação antes e após aula de intervenção ofertada aos estudantes universitários dos cursos de Engenharia Agrícola e Ambiental da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), *campus* Recife. O intuito da pesquisa foi analisar a importância da utilização de novas metodologias de avaliação, além de investigar possíveis modificações nos conceitos e ideias apresentados pelos discentes antes da intervenção didática, através do uso de MCs, buscando desenvolver o senso crítico e sensibilização socioambiental de forma significativa.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Mapas Conceituais são esquemas ou diagramas que apontam associações entre palavras e conceitos, relacionando os conhecimentos já existentes a novos significados. Para Ausubel (2003), a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), caracterizada pela elaboração do conhecimento, torna-se significativa quando há relação entre novas in-

formações e um conhecimento pré-existente na estrutura cognitiva do discente, de forma natural, não arbitrária.

Sendo assim, os conhecimentos conquistam novos significados gerando maior estabilidade cognitiva (MOREIRA e MASINI, 2006). A TAS destaca a importância do conhecimento empírico para o bom desenvolvimento do processo ensino-aprendizagem. Para que de fato ocorram indícios de aprendizagem significativa, é necessário relacionar os conhecimentos prévios com os conhecimentos científicos e deve haver constante troca de saberes entre aluno-professor, além da grande importância da construção de pontes que integram a temática abordada e a realidade e cotidiano do discente.

Nesse contexto, Ausubel (1968) apresenta um papel fundamental na aprendizagem significativa, pois ele representa o conhecimento empírico que, por sua vez, é responsável por interligar e ancorar os novos conhecimentos na estrutura cognitiva do discente, configurando a estruturação de conceitos e proposições (MOREIRA e MASINI, 2006). Essas interações são estabelecidas através de associações, denominadas pontes cognitivas, que relacionam os novos saberes com saberes prévios. Quando ocorre a ancoragem ligada a uma nova informação e conceitos já pré-existentes, modificando e dando novos significados a conceitos relevantes na estrutura cognitiva do indivíduo, pode-se dizer que houve indícios de aprendizagem significativa (AUSUBEL, 2003).

Na TAS, os novos conhecimentos, além de adquirirem novos significados, apresentam maior estabilidade cognitiva. A TAS requer duas condições fundamentais, que são a pré-disposição do discente para aprender e o material pedagógico significativo. Contudo, outras atividades, como grupos, podem contribuir na obtenção e gerenciamento de novos significados e posicionar o docente como mediador no processo ensino-aprendizagem (AQUINO e CHIARO, 2013). A educação ambiental aborda temas interdisciplinares que auxiliam na construção e aplicação de materiais pedagógicos mais significativos, além de propiciar a interação de metodologias dinâmicas. Essa interdisciplinaridade contribui positivamente na promoção da aprendizagem significativa (MACHADO, 2000).

Nesse pressuposto, a EA apresenta-se como tema multi, trans e interdisciplinar, baseado na Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA), instituída pela Lei nº 9795/99, que garante a obrigatoriedade

da EA em todos os níveis da educação, além de enfatizar a importância de temas e metodologias diferenciadas, a fim de auxiliar o processo de formação do indivíduo (BRASIL, 2018b). Entre as diversas temáticas que podem ser abordadas na EA, o tema "Resíduos Sólidos Urbanos" (RSU) tem se destacado, pois é um problema socioambiental atual que desencadeia diversos prejuízos sociais, ambientais e econômicos. A Lei nº 12305/2010, que instituiu o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), enfatiza a responsabilidade compartilhada, na qual toda instituição, seja ela pública ou privada, deve ser responsável pela destinação correta dos resíduos gerados (BRASIL, 2010).

Em concordância com a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais - Abrelpe (2016), são gerados diariamente no Brasil cerca de 214 mil toneladas de RSU; cada indivíduo gera pouco mais de 1 kg de resíduo por dia. Desse volume, mais de 50% são Resíduos Sólidos Orgânicos. Ainda segundo a Lei nº 12 305/2010, a única forma aceitável de deposição final para rejeitos é a utilização de aterros sanitários, estando terminantemente proibidas as práticas de lixões e aterros controlados. Só devem ser encaminhados aos aterros sanitários rejeitos, ou seja, todo material para o qual não há mais nenhuma forma de reciclagem ou tratamento (BRASIL, 2010).

Desta forma, os RSO apresentam-se como grande problemática atual, pois representam a maior porcentagem entre os resíduos gerados e não devem ser encaminhados ao aterro sanitário, por se tratarem de resíduo, e não de rejeito. Por tal, pesquisas que busquem alternativas sustentáveis e que visem a destinação ambientalmente correta desses resíduos vem ganhando cada vez mais espaço (SILVA et al., 2016). Entre as formas de tratamentos indicadas para RSO, a técnica de compostagem se destaca por se tratar de um processo simples e de fácil operação. A compostagem ocorre em duas fases de temperatura distintas, denominadas termofílicas e mesofílicas. Para a maioria dos autores, a compostagem libera vapor de água e dióxido de carbono e, apesar de ser um processo aeróbio, podem ser encontradas zonas internas anaeróbicas (OLIVEIRA et al., 2008).

A compostagem visa decompor os resíduos sólidos orgânicos através da atividade microbiana. Tais resíduos, quando maturados, dão origem ao composto orgânico, que pode ser utilizado em parques, jardins, hortas e em outras atividades voltadas para agricultura e paisa-

gismo (SILVA et al., 2016). O processo de compostagem pode ser utilizado como recurso facilitador na EA. O sistema de degradação na compostagem envolve diversas áreas do conhecimento, principalmente das ciências naturais, trazendo a interdisciplinaridade e proporcionando diferentes metodologias para o processo ensino-aprendizagem, além de contribuir para a formação socioambiental dos indivíduos (LIMA et al., 2016).

3. METODOLOGIA

A atividade intitulada "Compostagem: Processos e Aplicações" foi realizada na UFRPE, *campus* Recife, com discentes da graduação dos cursos de Engenharia Agrícola e Ambiental, em diferentes períodos. O trabalho foi realizado através de delineamento do tipo experimental e análise qualitativa, aplicado por meio de uma intervenção de ensino em que os mapas conceituais foram utilizados como metodologia alternativa na avaliação, visando observar se novos conhecimentos poderiam modificar ou especificar os conhecimentos prévios dos discentes.

A intervenção pedagógica foi desenvolvida em quatro etapas:

1ª etapa: apresentação dos mapas conceituais através de conceitos, exemplos, e demonstração de como construí-los, incluindo explanações sobre a importância do uso correto dos conceitos e palavras de ligação;

2ª etapa: produção do primeiro mapa conceitual, na qual os discentes externaram seus conhecimentos prévios sobre a temática "Compostagem";

3ª etapa: aula expositiva-dialogada sobre o tema, durante a foram explanados conceitos e leis sobre resíduos sólidos urbanos, a problemática que envolve a destinação ambientalmente correta dos RSO, processos e fatores que influenciam na técnica de compostagem; e

4ª etapa: produção do segundo mapa conceitual, após a intervenção.

Os mapas conceituais foram produzidos pelos discentes em duplas, formadas aleatoriamente e repetidas na produção do segundo mapa. O espaço de tempo entre a confecção do primeiro e do segundo mapa

foi de 48 horas. Ao todo, foram analisados 22 mapas conceituais, sendo 11 mapas iniciais e 11 mapas após a intervenção didática. A análise dos dados foi realizada mediante o cumprimento das três fases de análise de conteúdo:

1ª fase: pré-análise, por meio da leitura e explicação prévia dos mapas pelos discentes;
2ª fase: exploração do material; e
3ª fase: tratamento dos resultados.

Para melhor análise e visualização dos mapas conceituais foi utilizado o *software* de mapeamento de conceitos desenvolvido pelo Instituto de Cognição Humana e de Máquinas da Flórida, *Cmaps Tool* versão 6.3. O referido *software*tem a função de reproduzir os mapas conceituais na íntegra, respeitando a estrutura desenvolvida pelos discentes.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Vale a pena salientar que com os resultados dos mapas conceituais observados, os discentes parecem desenvolver, em geral, uma visão mais equilibrada e sistêmica durante e após a atividade, demonstrando, assim, o uso dos MCs como uma útil ferramenta facilitadora e avaliativa para revelar variações esperadas e inesperadas dos graduandos com relação ao tema abordado. Os resultados mostraram que as experiências anteriores (que constituem a formação do graduando) são um fator importante por trás do alto ou baixo desempenho com relação à temática. A exposição das ideias que fazem parte dos primeiros MCs foi um importante instrumento de ligação entre as teorias pré-assimiladas pelos discentes e os novos conhecimentos adquiridos através da aula de intervenção.

Ao analisar os primeiros mapas conceituais, foi possível observar que, no geral, os alunos tinham uma visão generalizada sobre o processo de compostagem, uma vez que relataram que a compostagem

consiste em um processo biológico no qual há decomposição de resíduos orgânicos e produção de um composto orgânico final. Também foi possível observar que os primeiros mapas conceituais foram facilmente preenchidos e explicados pelos estudantes durante o pouco tempo disponível para a atividade. Os MCs gerados no início da atividade apresentaram uma estrutura simples, sem muitos conceitos e palavras de ligação, sendo sutisem suas abordagens.Um dos mapas produzidos por uma das duplas (chamaremos de dupla A) é mostrado na Figura 1, como exemplo.

Dessa forma, os primeiros MCs realizados pelos estudantes não foram só utilizados como método avaliativo,mas também como ferramenta direcionadora na etapa didática da atividade. Carvalho et al. (2016) relataram que a intervenção de ensino associada aos MCs promove uma melhoria da estrutura cognitiva dos estudantes. Entretanto, é válido ressaltar que o método de ensino tradicional não pode ser descartado, dado que a aprendizagem é favorecida com a associação de diversos métodos de ensino com objetivo de suprir as necessidades dos estudantes.

Portanto, podemos inferir que o uso de mapas conceituais foi tido como proveitoso na captura rápida do conjunto de ideias e conceitos pré-concebidos pelos estudantes, direcionamento didático e desenvolvimento de noções importantes sobre o tema abordado. Svanstrom et al. (2018), ao observarem a melhoria da educação sobre o tema sustentabilidade em cursos de engenharia usando mapas conceituais, relataram que, com a utilização de MCs os alunos desenvolvem, em geral, uma visão mais equilibrada e sistêmica durante o curso. Além disso, os autores recomendam a utilização de mapas conceituais como ferramenta avaliativa e formativa do ensino e não somativa. Watson et al. (2016), também trabalhando com a temática da sustentabilidade no ciclo de aprendizado e na compreensão conceitual de estudantes, relataram que os MCs aplicados indicaram melhorias na profundidade, amplitude e interconectividade do conhecimento, sendo significativamente proveitosos para a intervenção didática.

Figura 1. Primeiro Mapa Conceitual produzido pela dupla A sobre compostagem.

Fonte: Autores (2018).

Ao aplicarmos os mapas iniciais, visualizamos a importância da abordagem sobre temas ambientais em sala de aula. Foi perceptível o interesse dos estudantes em participar da intervenção didática, relatando experiências, vivências, contextualizando assuntos, questionando, discutindo, exemplificando. Sendo assim, ao notarmosa aproximação mais direta por parte dos discentes, norteamosos conhecimentos a serem abordados, esclarecendo o máximo de conjunto de informações científicas referentes à compostagem e suas variáveis técnicas. Abordamos tópicos principais como: Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos; Política Nacional de Resíduos Sólidos; definição de compostagem; tipos de matérias-primas; proporções para a montagem do sistema; tipos e justificativa para uso de diferentes formas geométricas; fases do processo de compostagem; tempo de maturação; importância do reviramento; fatores bióticos e abióticos que influenciam o processo de compostagem; e as aplicações e aplicabilidades do composto orgânico.

Tendo como foco principal a técnica de compostagem e seus processos ligados à gestão dos resíduos sólidos urbanos, desenvolvemos e expomos os temas sempre focando na educação ambiental e problemas socioambientais como: aumento da geração de resíduos sólidos urbanos, definições e taxas de produção de resíduos e rejeitos urbanos, consumo e desperdício de água, aquecimento global, tipos de destinação final dos resíduos urbanos. Durante toda a didática,buscamos inter-relacionar e interdisciplinar a temática compostagem a outras

áreas (Saúde, Ciências Biológicas, Sociais, Tecnológicas e Agrárias). Compartilhando da mesma visão, Lima et al. (2016) sustentam que a promoção do conhecimento ambiental é vista como um componente fundamental da educação ambiental e o ato de desenvolver e implementar preocupações ambientais didaticamente contribui para tornar os indivíduos cada vez mais ativos na promoção de mudanças sociais em direção ao desenvolvimento ambiental sustentável.

Filha et al. (2018), ao trabalharem a temática educação ambiental na gestão dos resíduos sólidos residenciais, relataram que a educação ambiental crítica e emancipatória, em seus princípios básicos e atrelada a problemáticas cotidianas, é uma ferramenta que pode e deve ser utilizada no processo de ressignificação de conceitos necessários à efetivação da sustentabilidade socioambiental e econômica, assim como para a informação, conscientização e formação do indivíduo.

Do mesmo modo, Gonzalez e Rocha (2018), ao utilizarem a educação ambiental como práxis educativa no ensino fundamental, comentaram que a educação ambiental torna-se progressivamente uma temática de suma importância a ser trabalhada no ambiente escolar, a medida que passa a contribuir para o processo de transformação da sociedade atual em uma sociedade sustentável, centrando no exercício responsável da cidadania que considere a natureza como um bem comum, que leve em conta a capacidade de regeneração dos recursos naturais, promova a distribuição equitativa da riqueza gerada e favoreça condições dignas de vida para as gerações atuais e futuras.

Neste trabalho, a utilização de MCs foi bastante eficiente, construindo uma estratégia de aprendizagem construtivista eficaz na ajuda aos universitários a aplicarem os pré e novos conceitos, motivando-os na aprendizagem e identificação dos equívocos expostos nos mapas prévios. Após a intervenção didática, os mapas ganharam robustez e complexidade, sendo observados acréscimos de conceitos e palavras de ligação. Na Figura 2 está representado o segundo mapa da dupla A, como exemplo. Dessa forma, podemos inferir que os mapas conceituais contribuíram de forma efetiva e sistemática na organização dos pensamentos individuais, na correlação das ideias entre as duplas e na representação do conhecimento dos estudantes.

Em concordância com Yoshimoto et al. (2016) que, analisando o mapa conceitual como gênero escolar textual, observaram que as pro-

duções através de mapas conceituais realizadas pelos educandos foram elementos fundamentais para o desenvolver de uma análise a respeito da teoria da aprendizagem significativa, compreendendo, assim, que a aprendizagem significativa ocorre quando há construção de espaços de diálogo entre os sujeitos envolvidos no desenvolvimento de novos ou conhecimentos prévios. Assim, podemos enfatizar a produção de mapas conceituais como importante ferramenta na complementação do desenvolvimento de atuais procedimentos de ensino, considerando a realidade cotidiana vivida pelos alunos e conhecimentos prévios sobre a temática abordada ou temas ambientais.

Lacramioara (2015) relatou como vantagens da utilização de mapas conceituais: o uso de MCs na aprendizagem como uma ferramenta de fácil representação do processo de ensino e avaliação do conhecimento e habilidades dos alunos; alternativa na organização do conhecimento existente nas mentes dos estudantes e para preparar uma nova assimilação; organização do planejamento e *design* das atividades aplicadas; e para pesquisas realizadas em grupos ou individualmente.

Já Daniela et al. (2015), ao utilizarem mapas conceituais como ferramenta no ensino da física quântica, concluíram que os MCs são uma ferramenta poderosa não apenas para perceber, representar e alcançar o conhecimento, mas também para criar novos conhecimentos, além de serem essenciais no auxílio aos alunos a entenderem que todos os conceitos estão de alguma forma correlacionados entre si.

Figura 2. O Mapa Conceitual produzido pela dupla A sobre compostagem, ilustra:

Fonte: Autores (2018).

Ao analisar o segundo mapa conceitual na Figura 2, é notório identificar o aumento na quantidade de conceitos e palavras de ligação. No mapa 1, a dupla A se deteve a informações básicas como matéria-prima utilizada, produto final e sua aplicabilidade. Já no mapa 2, a dupla A abordou temas mais complexos, como: atividade microbiana, constituição das fases, formas geométricas de montagem, o que ocorre no sistema interno do processo e fatores que influenciam o sistema. Vale a pena ressaltar que o conceito "lixo orgânico", utilizado erroneamente no mapa 1, foi substituído por "resíduo orgânico" no mapa 2; possivelmente, essa mudança ocorreu após discussão durante aula de intervenção sobre a legislação vigente e suas determinações para resíduos e rejeitos.

Esse e outros fatores apontam a eficiência da intervenção pedagógica, que abordou esses conceitos durante a aula expositiva e dialogada. Tais resultados apontam resultados satisfatórios no uso de mapas conceituais como ferramenta avaliativa, pois com o auxílio desta ferramenta foi possível detectar indícios de modificações nos conceitos pré-existentes na estrutura cognitiva dos indivíduos.

De forma análoga às questões levantadas, debatidas e contextualizadas pelos alunos e ministrantes da atividade, Silva et al. (2015) relataram que em meio aos diversos problemas ambientais existentes atualmente, a compostagem pode contribuir de maneira eficiente para a melhoria de questões ambientais, como: redução da utilização de agroquímicos e fertilizantes inorgânicos, colaborando de forma direta e indireta na redução da contaminação de rios, solos, ar; manutenção da atividade microbiana do solo e suas características intrínsecas, melhorando e aumentando a sustentabilidade; e sua aplicação pode ocorrer na agricultura familiar e em boa parte das floriculturas (adubações de plantas ornamentais), com a finalidade de produção de espécies vegetais destinadas ao paisagismo.

Dentro dessa ótica, Lustosa et al. (2017) trabalhando a temática compostagem e qualidade dos solos como proposta didática para alunos de ensino fundamental, explanaram que em seu conjunto amostral, 43,5% possuíam ideias generalistas sobre o processo de compostagem e a geração de resíduos sólidos e após a intervenção didática e prática, 59,6% dos estudantes conseguiam explanar de forma mais abrangente, complexa e integrada sobre o processo e suas aplicações. Assim, po-

demos perceber a importância da temática ambiental em sala de aula e também a contextualização dos temas propostos e a utilização de ferramentas que contribuam para o desenvolvimento do indivíduo e âmbito escolar.

5. CONCLUSÕES

De modo geral, podemos inferir que os mapas conceituais ajudaram de forma efetiva na organização dos pensamentos individuais, na correlação das ideias entre as duplas e na representação do conhecimento dos estudantes. Também constatamos que os discentes apresentaram no segundo mapa produzido, de forma expressiva, características conceituais do conteúdo trabalhado em sala, refletindo a maior dinamização da etapa didática. Após a aplicação dos primeiros MCs,os alunos se sentiram mais soltos e desinibidos para questionar e tirar dúvidas com relação aos processos que envolvem a compostagem. Tal observação foi claramente percebida na confecção dos segundos mapas conceituais, nos quais ocorreu aumento significativo dos conceitos apresentados pelos discentes.

REFERÊNCIAS

ABRELPE. **Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil** (ABRELPE). Edição 2016. Disponível em <http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2016.pdf> Acesso em: 28 Nov. de 2018.

AQUINO, S. A. K.; CHIARO, S. Uso de Mapas Conceituais: Percepções Sobre a Construção de Conhecimentos de Estudantes do Ensino Médio a Respeito do Tema Radioatividade. **Revista Ciência de Cognição**. v.18, p.158-171, 2013.

AUSUBEL, D. P. **Educational psychology:** a cognitive view. New York, Holt, Rinehart and Winston, 1968.

AUSUBEL, D. **Aquisição e retenção de conhecimentos:** Uma perspectiva cognitiva. Editora Plátano, 2003.

BRASIL. Lei 12.305 de 02 de agosto de 2010 institui a Política Nacional de Resíduos sólidos; altera a lei n° 9.605 de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da União,** Brasília, n.147.3, p.03. 2010.

BRASIL. Ministério da Educação e Cultura- MEC. **Política Nacional de Educação Ambiental - Lei nº 9795/1999, Art 1º. Conceitos de Educação Ambiental.** Disponível em:<http://www.mma.gov.br/educacao-ambiental/politica-de-educacao-ambiental> Acesso em: 28 Nov. 2018a.
BRASIL. Ministério da Educação e Cultura- MEC. **Proposta de Diretrizes Curriculares Nacionais para Educação Ambiental.** Disponível em:<http://portal.mec.gov.br/dmdocuments/publicacao13.pdf> Acesso em: 28 Nov. 2018b.
CARVALHO, D. P. S. R. P; VITOR, A. F; BARICHELLO, E.; VILLAR, R. L. A; SANTOS, V. E. P.; JUNIOR, M. A. F. Aplicação do mapa conceitual: resultados com diferentes métodos de ensino-aprendizagem. **Aquichan**, v. 16, p. 382-391, 2016.

DANIELA, C. C.; POPESCU, F. F.; IOAN, P. A.; ANDREI, V. Conceptual Maps and Integrated Experiments for Teaching/Learning Physics of Photonic Devices. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v.191, p. 512-518, 2015.

DUTRA, D. E, MENEZES, C.S.R, PRIMO, C.D. Adições de nutrientes na compostagem de podas de árvores na região semiárida do NE do Brasil, **Revista scientia plena,** v.11 n.7 p.1-10, 2013.

FILHA, M. C. V.; SOUSA, E. A. F.; PAIXÃO, A. J. P. Educação ambiental e gestão de resíduos sólidos residenciais no município Parauapebas (PA). **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, v. 13, p. 104-120, 2018.
GONZALEZ, R. V.; ROCHA, J. M. Educação ambiental como práxis educativa: um estudo na Escola de Ensino Fundamental Joaquim Caetano da Silva na cidade de Jaguarão/RS. **Revista Latino Americana de Estudos em Cultura e Sociedade**, v. 4, p. 1-17, 2018.

KIEHL, E. J. **Manual de compostagem:** maturação e qualidade do composto. 3ª Edição. Piracicaba, p. 171, 2002.

LACRAMIOARA, O. C. New perspectives about teacher training: conceptual maps used for interactive learning. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 180, p. 899-906, 2015.

LIMA, G. A.; DIAS, C. A. C; LIMA, A. H. Compostagem de resíduos sólidos orgânicos como tema incentivador de educação ambiental. **Scientia Plena**, v. 12. p. 1-8, 2016.

LUSTOSA, M. A. F. S.; SANTOS, L. A.; FREITAS, A. L.; VITAL, A. F. M. Compostagem como proposta didática para falar sobre solos no ensino fundamental. **Scientia Plena**, v. 13, p. 2-9, 2017.
MACHADO, N. J. **Educação:** projetos e valores. São Paulo: Escrituras, 2000.

MOREIRA, M. A. **Mapas Conceituais e Aprendizagem Significativa**. Porto Alegre-RS, 2012. Disponível em:<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/Subsidios6.pdf>. Acesso em: 28 Nov. 2018.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E,F,S; **A Teoria da Aprendizagem Significativa e Sua Implicação em Sala de Aula.** Brasília; Editora UNB.2006.

OLIVEIRA, A. C. E.; SARTORI, H. R.; GARCEZ, B. T. **Compostagem**, Universidade de São Paulo. Escola superior de agricultura Luiz de Queiroz. Programa de pós graduação em solos e nutrição de plantas. Piracicaba- SP. 2008.

SILVA, F. S. A; MENEZES, C. S. R; PRIMO, C. D. Metodologia de ordenamento da biomassa residual gerada no campus Recife da UFPE para produção de adubo orgânico. **E-book: Práticas Para Uma Gestão Sustentável.** 1ª ed. Gampe/UFRPE, p.210-217, 2016.

SILVA, M. A.; MARTINS, E. S.; AMARAL, W. K.; SILVA, H. S.; MARTINES, E. A. L. Compostagem: Experimentação Problematizadora e Recurso Interdisciplinar no Ensino de Química. **Química Nova Escola**, v. 1, p. 71-81, 2015.

SVANSTROM, M.; SJOBLOM, J.; SEGALAS, J.; FROLING, M. Improving engineering education
For sustainable development using concept maps and multivariate data analysis. **Journal of Cleaner Production**,v. 198,p. 530-540, 2018.

WATSON, M. K.; PELKEY, J.; NOYES, C.; RODGERS, M.Assessing impacts of a learning-cycle-based module on students' conceptual sustainability knowledge using concept maps and surveys. **Journal of Cleaner Production**,v.133, p. 544-556, 2016.

YOSHIMOTO, E. M.; MITIO, E.; YOSHIMOTO, G. M. F.; SANTOS, G. J. F.; OLIVEIRA, M. M.Mapa conceitual, um gênero textual escolar: uma proposta de retextualização de textos didáticos de história. **Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos**, v. 97, n. 247, p. 619-636, 2016.

3.3 ELABORAÇÃO DE UM GUIA PRÁTICO PARA GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS QUÍMICOS NA UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

INTERAMINENSE, Gilvaneide Guilhermina
Licenciatura em Química
Departamento de Biologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (Biologia/UFRPE)
gilufrpe@hotmaill.com

OLIVEIRA, Maria Betânia Melo
Doutora
Departamento de Bioquímica da Universidade Federal de Pernambuco (Bioquímica/UFPE)
mbetaniam2008@gmail.com

SCHETINGER, Maria Rosa Chitolina
Doutora
Departamento de Bioquímica da Universidade Federal de Santa Maria (Bioquímica/UFRGS)
mariachitolina@gmail.com

RESUMO

Baseado em um projeto-piloto prévio sobre produtos químicos, resíduos e seu descarte desenvolvido no Departamento de Biologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), foi percebida a necessidade da elaboração de um material educativo que orientasse os usuários da instituição a manusear e destinar de maneira ambientalmente adequada os resíduos gerados. Nesse sentido, o presente estudo teve como objetivo elaborar um guia prático contendo orientações relacionadas ao gerenciamento de resíduos químicos, a fim de auxiliar na implantação futura de um Plano de Gerenciamento de Resíduos Químicos (PGRQ) no *campus* Recife da UFRPE. A elaboração do guia foi baseada em experiências bem-sucedidas de outras instituições de ensino e pesquisa do País, disponibilizadas nas bases de dados *Scielo*, Google Acadêmico, Banco de Teses e Dissertações, além dos princípios norteadores da Lei nº 12 305 que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Como resultado, foi elaborado um guia prático de gerenciamento de resíduos químicos que contém informações relacionadas à tipologia dos resíduos químicos, ao modo de segregação e armazenamento, além do modo de descarte. O material disponibiliza, também, uma análise preliminar de riscos e a importância da utilização de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs). Esse guia poderá ser utilizado como ferramenta educativa para auxiliar no manuseio e descarte ambientalmente seguro dos resíduos químicos gerados na instituição, diminuindo os riscos e atendendo à legislação vigente.

PALAVRAS-CHAVE: Educação ambiental, Produtos químicos, Plano de Gerenciamento.

1. INTRODUÇÃO

As Instituições de Ensino Superior (IES) desenvolvem atividades no campo do ensino, pesquisa e extensão, atuando em algumas áreas como Agronomia, Biologia, Química, além de outras áreas afins, realizando diferentes ensaios com produtos químicos nas práticas docentes. Segundo a Norma Regulamentadora (NBR) 10 004, de 2004 (ABNT, 2004), esses produtos químicos são classificados quanto ao seu grau de periculosidade em função de suas propriedades físicas e químicas que apresentam risco à saúde pública e ao meio ambiente, podendo ser classificadas como:

- **Tóxica:** substâncias ou misturas cuja inalação, ingestão ou absorção cutânea tenha sido cientificamente comprovada como tendo efeito adverso: tóxico, carcinogênico, mutagênico, teratogênico ou ecotoxicológico (ABNT, 2004);
- **Inflamável:** substâncias que apresentam qualquer uma das seguintes propriedades: ser líquida e ter ponto de fulgor inferior a 60°C; ser um oxidante definido como substância que pode liberar oxigênio e, como resultado, estimular a combustão e aumentar a intensidade do fogo em outro material; ser um gás comprimido inflamável, conforme a Legislação Federal sobre transporte de produtos perigosos (ABNT, 2004); e
- **Reativa:** substâncias que apresentam uma das seguintes propriedades: ser normalmente instável e reagir de forma violenta e imediata, sem detonar; reagir violentamente com a água; formar misturas potencialmente explosivas com a água; e gerar gases, vapores e fumos tóxicos em quantidades suficientes para provocar danos à saúde pública ou ao meio ambiente (ABNT, 2004).

Segundo a Resolução da Diretoria do Colegiado (RDC) nº 306 de 2004 da Agência Nacional da Vigilância Sanitária (Anvisa), as IES são consideradas geradoras de resíduos químicos pelo uso constante das substâncias perigosas classificadas no grupo B (BRASIL, 2004). Segundo Günther (2013), são definidos resíduos químicos como:

> Todo àquele resultante de atividades laboratoriais de estabelecimento de ensino, pesquisa, produção e extensão, podendo ser produtos químicos fora de especificação, obsoletos ou alterados; excedentes, vencidos ou sem previsão de utilização; produtos de reações químicas, resíduos de análises químicas, sobras de amostras contaminadas, sobras da preparação de reagentes; frascos ou embalagens de reagentes, resíduos de limpeza de equipamentos de laboratórios e materiais contaminados com substâncias químicas que ofereçam riscos à saúde humana e à qualidade do meio ambiente.(GÜNTHER, 2013 p. 24).

O campo da presente pesquisa foi o departamento de Biologia integrante da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), que possui, atualmente, 38 laboratórios de pesquisa e prática didática que utilizam em seus ensaios produtos químicos classificados no grupo B como perigosos, segundo a NBR 10 004 de 2004. O estudo revelou a necessidade de ações que venham solucionar a geração e o acumulo inadequado de passivos químicos, a caracterização e rotulagem das substâncias químicas e a destinação adequada de seus resíduos.

Para isso, o presente trabalho teve como objetivo elaborar um Guia Prático de Gerenciamento de Resíduos Químicos a ser disponibilizado para os geradores do *campus* Recife da UFRPE, a fim de auxiliar na implantação futura de um PGRQ na instituição.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

As universidades têm desenvolvido atividades acadêmicas na pesquisa e no ensino com o auxílio de produtos químicos que, na maioria das vezes, têm gerado resíduos perigosos. Segundo a NBR 10 004 de 2004, os produtos utilizados pelas instituições são considerados perigosos pelo seu potencial de explosão, intoxicação e combustão (ABNT, 2004). Embora sejam esses produtos considerados nocivos ao homem e ao meio ambiente, ainda não se têm alternativas para substituí-los, no entanto, alguns métodos são utilizados nas pesquisas. Segundo a NBR 14725-4 da Agência Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2009 p.13) "Estes métodos de tratamento e disposição (por exemplo, coprocessamento, incineração etc.) devem ser aplicados ao produto, restos de

produtos e embalagens usadas". A Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos (FISPQ) deve conter informações para avaliar o impacto ambiental da substância ou mistura quando liberada ao meio ambiente. "Essas informações podem auxiliar em casos de vazamentos, derramamentos, bem como nas práticas de tratamento de resíduos" (ABNT, 2009 p.1- 13). Essas fichas fornecem informações sobre vários aspectos dos produtos (substâncias e misturas) quanto à proteção, à segurança, à saúde e ao meio ambiente, fornecendo conhecimento sobre o uso e manuseio dos produtos químicos e também informando medidas de proteção e ações em situações de emergência (HIRATA, 2002).

Atualmente, algumas instituições têm se preocupado em desenvolver ações voltadas para minimizar, eliminar ou mesmo não gerar resíduos. A proposta que tem sido apresentada nos últimos anos pelas IES, segundo De Conto (2010), é a implantação de PGRQs, no entanto, poucas instituições têm implementado essa logística devido à complexidade que envolve atividades acadêmicas, administrativas e a estrutura física que, na maioria das vezes, não foi projetada arquitetonicamente para atender à diversificação dos resíduos.

Uma contribuição do estudo realizado por Dias (2014) é a indicação da adoção da "Agenda Ambiental na Administração Pública", na qual constam orientações aos gestores públicos para a aplicabilidade da política dos 5 Rs (Reduzir, Repensar, Reutilizar, Reciclar e Recusar consumir produtos que gerem impactos socioambientais significativos) antes mesmo de se pensar sobre a gestão dos resíduos gerados.

Souza (2018), em seu estudo realizado sobre gestão de resíduos químicos em IES, elabora um histórico sobre sustentabilidade que evidencia as primeiras ações desenvolvidas na Eco-92, realizada no Rio de Janeiro, que deu origem à Agenda 21, definida pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) e consolidada em 2002, na qual o meio ambiente passou a ser prioridade mundial, significando um marco no Brasil. Outra ação também marcante foi à instituição da Lei nº 12 305/2010, que retrata a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), sancionada em agosto de 2010. No art. 1° dessa lei, encontramos os seus princípios, objetivos e instrumentos, bem como as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos e perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis.

Ainda nesse mesmo artigo, § 1°, a PNRS define que:

> Estão sujeitas à observância desta Lei as pessoas físicas ou jurídicas, de direito público ou privado, responsáveis, direta ou indiretamente, pela geração de resíduos sólidos e as que desenvolvam ações relacionadas à gestão integrada ou ao gerenciamento de resíduos sólidos (BRASIL, 2010 art. 1°).

Segundo Mignolli et al. (2008), o planejamento que contemple atividades inovadoras, como mudanças nas práticas tradicionais, substituindo substâncias menos agressivas aos usuários e ao meio ambiente, pode ser uma opção para minimizar os resíduos ou mesmo evitar sua geração.

De acordo com Alberguini, Silva e Rezende (2005), os resíduos químicos devem seguir normas de identificação padronizada, acondicionamento e transporte. Por apresentarem risco à saúde humana e ao meio ambiente, deve ser observada e seguida a legislação pertinente. A não observância das leis e dos padrões a seguir pode colocar em risco a saúde pública e prejudicar o solo, o ar e as águas.

Segundo De Conto (2010), os estudos sobre resíduos em universidades estão cada vez mais presentes nos anais de eventos e nas revistas nacionais e internacionais, os quais focam nas abordagens corretivas e passivas, sendo essas ações importantes em um programa de gerenciamento de resíduos. A abordagem preventiva, porém, é aquela que representa o ponto de partida em uma ação ambientalmente correta que contribui diretamente para a minimização ou até mesmo para a não geração dos resíduos.

A Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), assim como outras instituições de ensino e pesquisa, vem adotando, nos últimos anos, medidas eficazes em relação ao gerenciamento dos seus resíduos. Essas ações envolvem, sobretudo, a elaboração de materiais educativos disponibilizados nos sites das instituições que, apesar de sua contribuição ao tema, apresentam especificidades relacionadas à logística de cada universidade (OLIVEIRA, 2018a).

Sendo assim, é necessário que cada IES elabore e disponibilize materiais educativos abordando, além dos temas gerais relacionados à gestão de resíduos, as especificidades de gestão, logística, etc., de cada instituição. Vale ressaltar que para que um PGRQ seja realizado de maneira ambientalmente correta, medidas técnicas e administrativas devem ser implantadas considerando desde a prevenção e o controle efetivo da geração até a sua disposição

final, envolvendo toda a comunidade acadêmica (ALBERGUINI; SILVA; REZENDE, 2005).

3, METODOLOGIA

O presente trabalho surgiu de uma pesquisa anterior realizada no Departamento de Biologia da UFRPE, no qual foi verificado o desconhecimento por parte da maioria dos geradores de resíduos químicos sobre as práticas a serem utilizadas no manejo e descarte desses resíduos (INTERAMINENSE et al., 2018). Na pesquisa, foi percebida a necessidade de desenvolver um material didático que orientasse os geradores na pratica diária da identificação, segregação, armazenamento e descarte dos resíduos químicos, com informações gerais relacionados ao tema e às especificidades da logística institucional.

3.1 Materiais e instrumentos utilizados

Para elaboração do guia, foram utilizados materiais relacionados ao tema, pesquisados nas bases de dados *Scielo*, *Google* Acadêmico, Banco de Teses e dissertações (BDTD), além do periódico CAPES. Também foram utilizadas NBRs, que versam sobre regulamentação, normatização e fiscalização dos resíduos químicos. Ademais, foram consideradas as respostas fornecidas pelos geradores de resíduos químicos encontradas no trabalho de Interaminense et al. (2018), para auxiliar na elaboração do guia e consequentemente atender às principais necessidades dos entrevistados.

Quanto aos aspectos éticos, o projeto foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), sob o CAAE nº 96996918.880005346, e aprovado conforme Parecer nº 2 890 745, de 8 de setembro de 2018.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O presente trabalho elaborou um Guia Prático de Resíduos Químicos (Institucional), de acordo com as especificações dos produtos utilizados em ensaios de pesquisas e práticas didáticas nos laboratórios do Departamento de Biologia da UFRPE. A estrutura do guia contendo

capa, apresentação, diretrizes sobre análise preliminar de risco, equipamento de proteção individual (EPI), manejo dos resíduos químicos gerados e rótulos institucionais, entre outras informações, pode ser visualizada abaixo.

4.1 Guia prático para gerenciamento de resíduos químicos (GPGRQ)

APRESENTAÇÃO

O presente Guia de Gerenciamento de Resíduos Químicos é um material educativo que servirá de auxílio para as práticas diárias dos geradores de resíduos na instituição. Essa é uma iniciativa que busca assessorar uma futura implantação de um PGRQ na UFRPE.

Atendendo à PNRS, a Pró-Reitoria de Planejamento e Desenvolvimento Institucional (Proplan) vem promovendo ações significativas para a implantação de um PGRQ, ao iniciar atividades nesse tema, como a elaboração de cartazes educativos e fornecimento de bombonas para as fontes geradoras, além de disponibilizar um endereço eletrônico para solicitação de recolhimento dos resíduos. Dessa forma,

o Guia tem uma finalidade educativa e executiva nas atividades de ensino e pesquisa da UFRPE.

ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCO (APR)

A Análise Preliminar de Risco (APR) é uma análise realizada dentro do laboratório antes da realização das atividades. Ela previne acidentes e dá segurança aos colaboradores no desempenho de suas atividades. É uma técnica que consiste em avaliar o ambiente de trabalho, com o objetivo de identificar e solucionar os riscos presentes no local, prever os possíveis acidentes, estabelecer procedimentos mais seguros e organizar a execução das atividades, orientando os colaboradores. Em um programa de gerenciamento de resíduos, a análise preliminar de risco é um procedimento indispensável para o sucesso da implantação de um PGRQ.

EQUIPAMENTO DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL (EPI)

A Norma Regulamentadora 6 dispõe que equipamentos de proteção individual são dispositivos ou produtos de uso individual, utilizados pelo trabalhador, destinados à proteção contra riscos suscetíveis de ameaça à segurança e à saúde no ambiente do trabalho.

Fonte: Disponível em: https://pt.slideshare.net/Pelosiro/119167864-1641epis> Acesso em 02/12/2018.

ORIENTAÇÕES DE MANEJO DOS RESÍDUOS QUÍMICOS GERADOS NA UFRPE

Segregação

Todo resíduo químico gerado na instituição deve ser segregado no local de geração (laboratório), seguindo as normas estabelecidas nas Fichas de Informações de Segurança do Produto Químico (FISPQ) fornecidas pelos fabricantes ou acessadas no site http//sistemasinter.cetesb.sp.gov.br/produtos/produto-consulta-completa.asp.

Os resíduos químicos devem:

- Permanecer nas embalagens originais;
- Ser acondicionados em locais longe de fonte de ignição;
- Apresentar rótulos em bom estado;
- Ser acondicionados com outros resíduos de acordo com sua compatibilidade química; e
- Ser encaminhados para o setor de parques e jardins pelo(s) químico(s) responsável(eis).

Acondicionamento

O acondicionamento dos resíduos químicos institucionais deve ocorrer em bombonas fornecidas pelo Departamento de Parques e Jardins a serem solicitadas através do *e-mail*: solicita.dav.v.delogs@ufrpe.br. Todas as bombonas entregues devem conter rótulo institucional, identificação do gerador e as prováveis características dos resíduos. Deve ser respeitado o limite máximo de não ultrapassar 2/3 da capacidade do coletor.

Em caso de dúvidas, deve-se solicitar orientação do setor responsável pelo telefone 3320.6105.

Transporte interno

Os resíduos químicos gerados devem ser transportados por pessoas que tenham recebido treinamento com produtos perigosos para o

setor de Parques e Jardins, em carros/transportes apropriados. Devem ser usados acessórios adequados (caixas, materiais amortecedores de choques, embalagens secundarias de proteção, etc.) para possibilitar um transporte mais seguro e evitar acidentes.

Tratamento para resíduos

Na literatura, existem diferentes métodos para tratamento de resíduos químicos:

Método Físico
- Destilação
- Extração adsorção

Método Químico
- Ácido/Base (neutralização)
- Precipitação química
- Eletrólise

Tratamento Térmico
- Incineração
- Água superaquecida

Alguns necessitam de procedimentos e equipamentos mais sofisticados, outros não. A UFRPE ainda não dispõe de uma central de tratamento para os seus resíduos químicos. Sendo assim, a recomendação é que o laboratório gerador utilize de procedimentos mais simples, como: neutralização de ácidos e bases, diluição a concentrações menores e utilização de equipamentos de destilação fracionada.

Armazenamento temporário

Para o armazenamento temporário, a instituição dispõe do setor de Parques e Jardins, porém o resíduo deverá conter sua ficha de identificação com todos os campos preenchidos, evitando que eles sejam armazenados aleatoriamente.

Seguem abaixo as recomendações:

- Estocar os resíduos em áreas bem ventiladas, longe de fontes de energia, radiações e vibrações;
- Evitar a estocagem de materiais perigosos em posições muito altas em relação ao piso;
- O material armazenado não deve obstruir portas, circulação, iluminação, saída de emergência;
- Não misturar produtos químicos diferentes em uma mesma pilha; e
- Manipular substâncias de alta periculosidade sempre na presença de um auxiliar.

FORMULÁRIOS INSTITUCIONAIS A SEREM UTILIZADOS PARA AUXILIAR NO PGRQ DA UFRPE

Inventário

O inventário é um procedimento inicial que toda instituição deve realizar nas atividades que manipulam substâncias químicas. Corresponde a uma ação que tem o potencial de diagnosticar a real situação do quantitativo de produtos químicos, das disposições de armazenamento, das especificações e do estado físico das substâncias químicas. Uma das vantagens do inventário na instituição é a possibilidade de facilitar a troca de substância entre os laboratórios. Na UFRPE existe um termo de responsabilidade de recebimento de doação (Figura 1) que é utilizado no recebimento de produtos químicos doados, configurando um documento que registre o receptor e o doador da substância química, seja ela explosiva, inflamável ou mesmo tóxica.

Figura 1: Termo de Responsabilidade de Recebimento de Doação

TERMO DE RESPONSABILIDADE DE RECEBIMENTO DE DOAÇÃO	UFRPE
Em caso de dúvidas: 3320-6105 / solicita.dav.v.delogs@ufrpe.br	
Eu _____, docente do departamento do (a) _____ de _____ assumo total responsabilidade de utilizar corretamente no prazo máximo de um (01) ano o material abaixo descrito recebido por doação do _____. Descrição do material: Nome (comercial e IUPAC): Quantidade:_____, distribuídos em _____frascos de _____ (capacidade). Data de validade: Data de recebimento:	

Fonte: Autora.

A UFRPE dispõe de um rótulo institucional para a identificação dos resíduos químicos. Esse deve ser preenchido com letra de fôrma legível e com todas as informações (Figura 2). Os coletores devem conter apenas resíduos químicos que apresentem compatibilidade química.

Figura 2: Rótulo para identificação de Resíduos Perigosos Químicos.

	RÓTULO PARA RESÍDUOS QUÍMICOS	UFRPE
	Em caso de dúvidas: 3320-6105 / solicita.dav.v.delogs@ufrpe.br	
Descrição do perigo: ( ) Inflamável ( ) Corrosivo ( ) Tóxico ( ) Reativo		
( ) Outros: _____		
Componentes:		
Quantidade Estimada:		
Laboratório:		
Data da coleta:	Responsável:	

Fonte: Autora.

Registro de coleta para resíduos químicos

Um requisito necessário para a gestão de resíduos químicos na UFRPE é o preenchimento do registro de coleta. Esse é um procedimento que deve ser realizado no ato da remoção das bombonas nos laboratórios geradores. Corresponde a um documento que pode ser rastreado para identificar a fonte geradora, a tipologia do resíduo e o quantitativo.

Figura 3: Formulário para Coleta de Resíduos Químicos.

REGISTRO DE COLETA DE RESÍDUO QUÍMICO						UFRPE
Em caso de dúvidas: 3320-6105 / solicita.dav.v.delogs@ufrpe.br						
LABORATÓRIO:		RESPONSÁVEL DA FONTE GERADORA:			FONE:	
RESÍDUO	LOTE	VOLUME ESTIMADO	MOTIVO DO DESCARTE	DATA DE VENCIMENTO	RESPONSÁVEL PELO DESCARTE	DATA DO DESCARTE

Fonte: Autora.

Ficha de Segurança de Produtos Químicos (FISPQ)

A FISPQ é um documento normatizado pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), conforme a NBR 14 725. Esse documento deve ser recebido pelos empregadores que utilizem produtos químicos. É um documento obrigatório que deve ser indispensável nos laboratórios. Essa ficha fornece informações sobre vários aspectos dos produtos químicos (substâncias e misturas) quanto à proteção, à segurança, à saúde e ao meio ambiente. Sua função é transmitir conhecimentos sobre os produtos químicos e recomendações sobre medidas de proteção e ações em situações de emergência.

A FISPQ é um instrumento de comunicação dos perigos relacionados aos produtos químicos. O documento não leva em conta todas as situações que

possam ocorrer em um ambiente de trabalho, constituindo apenas parte da informação necessária para a elaboração de um programa de saúde, segurança e meio ambiente. Abaixo se encontra um modelo de FISPQ, a ser utilizado nos laboratórios geradores de resíduos químicos da UFRPE (Figura 4).

Figura 4: Ficha de Segurança de Produtos Químicos.

FICHA DE SEGURANÇA DE PRODUTOS QUÍMICOS	UFRPE
Em caso de dúvidas: 3320-6105 / solicita.dav.v.delogs@ufrpe.br	
Nome (comercial e IUPAC):	
Fórmula:	
Solubilidade em água:	
Solubilidade em outros solventes:	
Estado físico: ( ) Gasoso ( ) Líquido ( ) Sólido	
Densidade (g/mL): Ponto de Fusão (ºC): Ponto de Ebulição (ºC):	
Outras informações importantes: ( ) Tóxico ( ) Inflamável ( ) Corrosivo	
Informações sobre a armazenagem:	
Cuidados no manuseio:	
Informações quanto ao descarte:	
EFEITOS NO ORGANISMO:	
Contato com a pele e/ou mucosa: Tratamento de escolha:	
Inalação: Tratamento de escolha:	
Ingestão: Tratamento de escolha:	
Efeitos no organismo por exposição a longo prazo:	
Limite de tolerância (ppm):	
Responsável pelo preenchimento da ficha: Data:	

Fonte: Autora

5. CONCLUSÃO

Conhecer melhor as propriedades das substâncias químicas pode facilitar o planejamento e a tomada de decisão na prevenção de acidentes relacionados ao manuseio e descarte desses produtos.

Adotar o uso de formulários, rótulos, fichas, etc. nas rotinas experimentais das fontes geradoras de resíduos químicos é um avanço significativo para implantação futura de um PGRQ no *campus* Recife da UFRPE. As informações contidas nos formulários poderão alimentar um banco de dados criado pelo programa. Essa ação facilita o bom andamento da pesquisa e também auxilia na segurança da execução das atividades laboratoriais.

Apesar da importância dessa iniciativa, o GPGRQ corresponde à sua primeira versão, necessitando de tempo para sua consolidação e associação a outras iniciativas.

REFERÊNCIAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004**: Resíduos sólidos: Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14725-4**: Norma de segurança para produtos químicos: Rio de Janeiro, 2009.

ALBERGUINI, L. B. A; SILVA, L. C.; RESENDE, M. O. **O Tratamento de Resíduos Químicos:** guia prático para soluções dos resíduos químicos. São Paulo: RIMA, 2005.

BRASIL. Lei 12.305/10. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial da União. 2010. Disponível em: <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2010/lei-12305-2-agosto-2010-607598-publicacaooriginal--154180-pl.html> . Acesso em: 10 de out. 2018.

BRASIL. **Resolução Anvisa nº 306, de 07 de dezembro de 2004**. Dispõe sobre o Regulamento Técnico para o gerenciamento de resíduos de serviços de saúde, 2004.

DE CONTO, S. M. et al. Resíduos sólidos como objeto de estudo nos Congressos Brasileiros de Engenharia Sanitária e Ambiental: 1960-2005. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E ANBIENTAL, 24, 2007, Belo Horizonte. **Anais**, 2007,1 CD- ROM.

DIAS, A. L. **Gestão Ambiental na UFBA sob a Perspectiva dos Eixos Temáticos da A3P.** Dissertação submetida ao Programa de Pós-graduação em Estudos Interdisciplinares sobre a Universidade, Instituto de Humanidades, Artes e Ciências. Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2014.

GÜNTHER, W. M. R. **Guia Prático:** Descarte de Resíduos no Instituto Butantan**.** 2013. Disponível em: <dP://analiticaqmcresiduos.paginas.ufsc.br/files/2014/07/gestao-guia_pratico_descarte_residuos_Butantan.pdf > . Acesso em: 24 nov.2018.

HIRATA, M. H; FILHO, J. M. **Manual de Biossegurança**. São Paulo: Manole, 2002.

INTERAMINENSE, G. G. et al. Produtos químicos, manuseio e descarte: a experiência dos laboratórios do departamento de Biologia da UFRPE, Recife: EDUFRPE, 2018. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1oqErDUgQDLF1FCZHVpPkS3b8FkqG8M5T/view>. Acesso em 04 fev. 2019.

MIGNOLLI, R. C.; BLANKENBURG, S.; BRUSTOLIN,I.; DE CONTO,S. M.; PESSIN, N. Reduction of waste generation in a cheminical laboratory of University of Caxias do Sul In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON RESIDUE MANAGEMENT IN UNIVERSITIES, 4., 2008, Brasilia. Anais...Brasília: UNB, 2008.

OLIVEIRA, M. B. M. de; GONZAGA, W. V.; MENEZES, R. S. C.; XAVIER, M. de F. M**.** Educação ambiental por meio de manuais: uma estratégia para gestão de resíduos sólidos e sustentabilidade na UFPE. In: SILVA, R. C. P. da; SANTOS, J. P. de Oliveira; MELLO, D. P. de;El Deir, S. G. (Org.). **Resíduos sólidos:** tecnologia e boas práticas de economia circular**.**1.ed. Recife: EDUFRPE, 2018a.

SOUZA, C. L. **Gestão de Resíduos em Instituição de Ensino Superior**: Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Campus Aparecida de Goiânia, Programa de Pós-Graduação em Administração Pública em Rede Nacional, Goiânia, 2018.

3.4 A EDUCAÇÃO AMBIENTAL A PARTIR DA EDUCAÇÃO SANITÁRIA NO TRABALHO TÉCNICO SOCIAL DO PROGRAMA DE ACELERAÇÃO DO CRESCIMENTO BEBERIBE

FALCÃO, Simonne
Pedagoga – Especialista em Educação Ambiental
ENGECONSULT Consultoria Técnica
simonnefalcaotc@gmail.com

PONTES, Fabíola
Assistente Social – Graduada em Serviço Social
ENGECONSULT Consultoria Técnica
fabiola_npontes@hotmail.com

FALCÃO, Déborah
Assistente Social – Especialista em Políticas Públicas
Secretaria de Saneamento do Recife
deborahfalcao @recife.pe.gov.br

RESUMO

Este trabalho é fruto da experiência no Trabalho Técnico Social (TTS) do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) Beberibe executado pela Secretaria de Saneamento do Recife (Sesan). A obra realiza intervenções de infraestrutura e saneamento tendo como finalidade a entrega de moradias de interesse social para famílias residentes nas áreas ribeirinhas do rio Beberibe. O TTS Beberibe é composto por quatro eixos de intervenção: ações participativas; educação ambiental, sanitária e patrimonial; geração de emprego e renda; e avaliação e monitoramento das atividades. Com o objetivo de instruir sobre a Educação Sanitária e Ambiental (ESA) nos empreendimentos entregues por esta SESAN, trabalha-se com as famílias desde o processo de reassentamento até posterior entrega das unidades habitacionais. Para desenvolver a ESA no PAC Beberibe, foram utilizadas como metodologia: visitas de sensibilização aos beneficiários; exibição de filmes educativos; e oficinas nas temáticas de meio ambiente, resíduos sólidos e saúde, tratando a temática do saneamento em diversos aspectos. Observa-se que por meio das ações desenvolvidas pelo Eixo de ESA, algumas mudanças são percebidas no dia a dia das famílias, como: separação dos resíduos sólidos produzidos; maior cuidado com o seu armazenamento; reaproveitamento do óleo; e criação de uma rede de solidariedade no empreendimento. Dessa maneira, entende-se que a ESA deve se fazer presente no cotidiano, nas escolas e em espaços de discussão, pensando-a como uma das saídas para a sustentabilidade dos espaços e da sociedade.

PALAVRAS-CHAVE: Meio Ambiente, Sustentabilidade, Saneamento.

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho tem como objetivo descrever as ações de Educação Ambiental, Sanitária e Patrimonial desenvolvidas no Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) Beberibe, por meio do Trabalho Técnico Social. Por Trabalho Social entende-se ações voltadas à população beneficiada trabalhando questões do cotidiano dos envolvidos. De acordo com a Portaria 21 do Ministério das Cidades, o Trabalho Social:

> [...] compreende um conjunto de estratégias, processos e ações, realizado a partir de estudos e diagnósticos integrados e participativos do território, compreendendo as dimensões: social, econômica, produtiva, ambiental e político-institucional do território e da população beneficiada, além das características da intervenção, visando promover o exercício da participação e a inserção social dessas famílias, em articulação com as demais políticas públicas, contribuindo para a melhoria da sua qualidade de vida e para a sustentabilidade dos bens, equipamentos e serviços implantados (BRASIL, 2014, p. 05).

O PAC Beberibe, que vem sendo desenvolvido desde o ano de 2014, tem seu plano de trabalho regido pela Portaria 21, sendo seus eixos de atuação: 1) ações participativas: atividades relacionadas à mobilização da população, reuniões, assembleias e afins, canal de participação e controle social do projeto; 2) reassentamento: atividades relacionadas ao processo de retirada das famílias de seu local de origem, sendo etapas desse processo: o cadastramento, a identificação do perfil familiar e a orientação quanto às medidas compensatórias, até a entrega das unidades habitacionais de interesse social; 3) educação sanitária, ambiental e patrimonial (ESA): atividades educativas sobre as temáticas de meio ambiente e saneamento, trazendo como metodologias oficinas teóricas e práticas, gincanas e cines; 4) pós-ocupação e gestão condominial: acompanhamento das famílias beneficiadas com unidades habitacionais, trabalhando questões relativas ao condomínio e à nova forma de viver coletivamente a partir da construção das regras de convivência e do Regimento Interno dos empreendimentos; 5) geração de

emprego e renda: inserção no mercado de trabalho e em outras formas de geração de renda através de cursos profissionalizantes e de capacitação profissional; 6) monitoramento e avaliação: etapa do trabalho que tem como objetivo avaliar as atividades de forma a adaptar as metodologias aplicadas, bem como monitorar os seus desenvolvimentos.

Este trabalho tem como objetivo dar destaque às atividades do Eixo de Educação Sanitária e Patrimonial desenvolvidas no PAC Beberibe. O trabalho de Educação Ambiental tem como regulador a Política Nacional de Educação Ambiental, que diz:

> Entende-se por educação ambiental os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade (BRASIL, 1999, Art 1º).

O objetivo do eixo ESA é difundir noções sobre higiene, saúde e doenças individuais e da coletividade com visitas educativas e de sensibilização dos moradores, estimulando também a correta apropriação e utilização dos espaços e equipamentos de uso comum e individuais presentes na nova realidade dos beneficiários, como os equipamentos hidrossanitários e o sistema de esgotamento sanitário.

O eixo de Educação Ambiental perpassa por todos os outros eixos, de forma a contemplar todas as etapas do PAC Beberibe. Portanto, o objetivo desse eixo é proporcionar as condições necessárias em diferentes contextos socioambientais do cotidiano das pessoas.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

As cidades, ao longo da trajetória histórica, tornaram-se a morada do homem moderno. A partir do século XX, com o advento da revolução industrial, o homem, que inicialmente adotava uma postura de comunhão interativa com o meio natural, com o evoluir de suas condições e circunstâncias advindas, mudou para uma posição mais distanciada, ou seja, adquiriu características não mais de interação, mas, sim, de dominação. Conforme expressa Otávio Santos:

> Com a industrialização e o consequente processo de urbanização do mundo, as relações do homem com a natureza foram redimensionadas, pois foi por meio da urbanização que a relação de "metabolismo" entre homem e natureza foi se desgastando, de modo a constituir os principais problemas ambientais urbanos. (SANTOS, 2013, p. 70).

Especificamente no caso brasileiro, passamos de uma nação agrícola para uma industrial, de um país monoprodutor e monoexportador agrícola para uma nação pluriprodutora e pluriexportadora industrializada, de uma nação do campo para uma população predominantemente urbana. É importante ressaltar que isso aconteceu em um período aproximado de cinco décadas, e que, como tal, o processo de urbanização decorrente foi atropelado pelas inúmeras modificações consequentes da industrialização urbana e do fluxo populacional resultantes desse processo e outras circunstâncias relacionadas.

A urbanização brasileira apresenta uma série de situações internas e externas, e tudo isso gera consequências na vida do homem e em sua moradia. A nossa capacidade de aprender e os meios que efetivem este aprendizado são responsabilidade de todos, cumprindo ao Governo a responsabilidade maior de articular parcerias que proporcionem aos cidadãos o acesso ao conhecimento dos aspectos ambientais envolvidos com a sua cidade e qualidade de vida, e esta última depende da qualidade das cidades.

Assim, cumpre à Educação Ambiental e à toda sociedade – Governo, empresas e população em geral – a responsabilidade de mudar nossa percepção cultural e, decididamente, conjugar esforços para uma mudança de atitudes em prol do melhoramento da qualidade ambiental e de vida na cidade, como presente nas Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Ambiental.

> A Educação Ambiental é uma dimensão da educação, é atividade intencional da prática social, que deve imprimir ao desenvolvimento individual um caráter social em sua relação com a natureza e com os outros seres humanos, visando potencializar essa atividade humana com a finalidade de torná-la plena de prática social e de ética ambiental. (BRASIL, 2012, Art. 2°).

A educação ambiental, segundo Carvalho (2006, p. 56), é como um "importante agente fortalecedor e catalisador dos processos de transformação social", não sendo apenas ações técnicas, desatreladas das questões locais, o que possibilitaria uma reflexão política.

A definição da educação ambiental compreende buscar pela conservação dos recursos naturais e prover a sustentabilidade, considerando sempre a temática de forma holística, abordando aspectos socioeconômicos, políticos e ecológicos.

O art. 1º da Lei nº 9795/99 da Política Nacional de Meio Ambiente traz a Educação Ambiental como "processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade" (BRASIL, 1999, Art. 1°). Mesmo apresentando um enfoque conservacionista, essa definição coloca o ser humano como responsável individual e coletivamente pela sustentabilidade, ou seja, fala da ação individual na esfera privada e de ação coletiva na esfera pública. Os princípios contidos no art. 4º dessa lei buscam reforçar a contextualização da temática ambiental nas práticas sociais quando expressa que "deve ter uma abordagem integrada, processual e sistêmica do meio ambiente em suas múltiplas e complexas relações, com enfoques humanista, histórico, crítico, político, democrático, participativo, dialógico e cooperativo, respeitando o pluralismo de ideias e concepções pedagógicas" (BRASIL, 1999, art. 4º p. 2).

Compartilhamos com o entendimento de Reigota (2006) que entende a educação ambiental enquanto educação política, que deve preparar os cidadãos e cidadãs para exigirem os seus direitos e os capacitar para a autogestão nas relações sociais com a natureza pautada em um comportamento ético.

A educação ambiental não é, entretanto, uma maneira de falarmos de uma só forma de educação; não é simplesmente uma "ferramenta" para resolver determinados problemas ambientais que encontramos em nosso meio. A dimensão maior e de fundamental importância são as interações entre meio e seres humanos, isto é, a base essencial para uma caminhada rumo ao enriquecimento da educação ambiental em nossa relação. De acordo com Quintas:

> A Educação Ambiental deve proporcionar as condições para o desenvolvimento das capacidades necessárias; para que grupos sociais, em diferentes contextos socioambientais do país, intervenham, de modo qualificado tanto na gestão do uso dos recursos ambientais quanto na concepção e aplicação de decisões que afetam a qualidade do ambiente, seja físico-natural ou construído, ou seja, educação ambiental como instrumento de participação e controle social na gestão ambiental pública (QUINTAS, 2006, p. 13)

A Educação Ambiental é um componente essencial e permanente da educação nacional, devendo estar presente, de forma articulada, em todos os níveis e modalidades do processo educativo, em caráter formal e não formal. De acordo com o Tratado de Educação Ambiental para Sociedades Sustentáveis e Responsabilidade Global:

> Consideramos que a preparação para as mudanças necessárias depende da compreensão coletiva da natureza sistêmica das crises que ameaçam o futuro do planeta. As causas primárias de problemas como o aumento da pobreza, da degradação humana e ambiental e da violência podem ser identificadas no modelo de civilização dominante, que se baseia em superprodução e superconsumo para uns e em subconsumo e falta de condições para produzir por parte da grande maioria (BRASIL, 1992, p 01).

A educação formal é aquela exercida como atividade escolar, seja na educação básica, na educação superior, especial, profissional e de jovens e adultos. Ela possui conteúdo, metodologia e meios de avaliação claramente definidos e planejados. A modalidade não formal é exercida em outros e variados espaços da vida social. É realizada fora da sala de aula e da escola, e isso faz com que ela tenha contato com outros atores sociais, que também atuam com a questão ambiental.

Educação ambiental não formal envolve as ações e práticas educativas voltadas à sensibilização da coletividade sobre as questões ambientais e à sua organização e participação na defesa da qualidade do meio ambiente, através da difusão de programas e campanhas educativas e

de informações acerca de temas relacionados ao meio ambiente, além da ampla participação da escola, da universidade e de organizações não governamentais na formulação e execução de programas e atividades vinculadas à educação não formal, bem como da participação de empresas públicas e privadas no desenvolvimento de programas de educação ambiental em parceria com a escola, a universidade e as organizações não governamentais, da sensibilização da sociedade e populações envolvidas para a importância das unidades de conservação, e ainda da sensibilização ambiental dos agricultores e do ecoturismo.

A educação do futuro, de acordo com Morin (2002), é aquela em que o ensino está centrado na condição humana, porque somente conhecendo o humano será possível incluí-lo no universo e não o separar dele.

3. METODOLOGIA

O presente trabalho é de natureza qualitativa, tendo como primícias interpretar a realidade em observação, com o objetivo de capacitar estudantes com idade entre oito e dez anos para serem agentes de transformação em seus territórios e replicadores de práticas sustentáveis. O objeto de estudo foi uma ação de erradicação de um ponto crítico de descarte de resíduos sólidos promovido pela Secretaria de Saneamento em parceria com a Empresa de Manutenção e Limpeza Urbana (EMLURB); alunos do Oratório da Divina Providência, entidade filantrópica da Igreja Católica na Comunidade Chão de Estrelas, no bairro da Campina do Barreto; e alunos do 5º Ano do Ensino Fundamental I da Escola Poeta Solano Trindade, no bairro de Água Fria. As duas instituições estão localizadas na Zona Norte do Município de Recife, na Região Político Administrativa (RPA) 02. As famílias que ocupam o perímetro de intervenção do projeto possuem perfil socioeconômico com renda entre meio e um salário mínimo, com mulheres ocupando a chefia do domicilio sendo responsável pelos provimentos do lar, e média de três moradores por domicílio[2].

A metodologia foi dividida em cinco etapas, desenvolvidas com o objetivo de oportunizar o conhecimento de forma estratégica aos alu-

2 O perfil socioeconômico da população beneficiada do Projeto PAC Beberibe teve como base informações extraídas do Banco de Dados da Secretaria de Saneamento, através do instrumental de Pesquisa Socioeconômica aplicada no momento de cadastramento das famílias.

nos e à população do entorno e, dessa forma, promover a sustentabilidade da ação.

Entendendo a afirmação de Freire "Ninguém pode estar no mundo, com o mundo e com os outros de forma neutra" (FREIRE, 2002, p. 46), atividades educativas como a supracitada promovem o cenário ideal para o ensino sobre as responsabilidades e deveres para com o meio ambiente. Demonstra que uma ação feita em conjunto pode desencadear em melhoria para toda a população, mitigando os efeitos da poluição e degradação dos recursos naturais.

A análise dos dados foi feita após a execução das atividades descritas na metodologia. Utilizamos como instrumentos de análise visitas domiciliares com moradores residentes em frente ao ponto crítico e realizamos vistorias no local durante três meses para verificar se o descarte de resíduos estava sendo destinado da forma correta.

Etapa 1 - Oficina Teórica de Meio Ambiente e Saneamento

Nessa atividade, o tema gerador foi "Saneamento" e o foco do conteúdo ateve-se ao Sistema de Esgotamento Sanitário – funcionamento, etapas constituintes e formas adequadas de uso. O formato adotado nessa oficina foi o de aula expositiva (Figura 1) aliada à interação com os alunos. Nesse sentido, e para dimensionar o conhecimento dos participantes acerca da temática, foi realizado um levantamento por meio de perguntas e respostas, com destaque para os principais problemas existentes no bairro de origem – uma espécie de enquete: o bairro que temos e o bairro que queremos. Na ocasião, foi feita uma simulação de visita domiciliar com as crianças como forma de auxiliar no momento da abordagem junto ao morador.

Figura 1. Aula Expositiva.

Fonte: SESAN (2017).

Etapa 2 - Gincana Ecológica

A Gincana entre Bairros (Figura 2) aconteceu no Centro Comunitário da Paz (Compaz) situado no Alto Santa Terezinha, com alunos de escolas dos bairros de Beberibe e Mustardinha, A atividade teve como objetivo trabalhar com a população estudantil a temática do Meio Ambiente com foco na aplicação de boas práticas em seus bairros de origem. As atividades consistiram em 1) produção de um vídeo de curta duração com crianças, professores e equipe social e de engenharia, objetivando a eliminação de um ponto crítico de descarte de resíduos sólidos; 2) produção de peça teatral; 3) perguntas e respostas; e 4) coleta de material reciclável (PET e alumínio).

Figura 2. Gincana entre os Bairros

Fonte: SESAN (2017).

Etapa 3 - Apresentação Teatral

Essa atividade foi realizada por um grupo de teatro (Figura 3) constituído por 12 pessoas, sendo elas a professora de teatro, crianças e adolescentes. A equipe criou o roteiro para a peça, promoveu os ensaios e montou a apresentação teatral. Trata-se de um grupo de alunos do Oratório da Divina Providência, que trabalha com as crianças da comunidade em horário de contraturno escolar. O tema abordado foi Meio Ambiente, com foco na destinação adequada dos resíduos sólidos e o uso correto dos equipamentos hidrossanitários. Por meio de esquetes teatrais acerca de situações cotidianas, os personagens contemplaram cada ponto de forma cômica e musical.

Fonte: SESAN (2017).

Etapa 4 - Visitas Domiciliares com Abordagem Educativa

Posteriormente, os alunos participaram de Oficinas Teóricas de Meio Ambiente e Saneamento e realizaram uma Caminhada Educativa (Figura 4) com o objetivo de identificar *in loco* o conteúdo aprendido em sala de aula. Foram realizadas visitas de identificação dos pontos críticos e levantamento de informações e esclarecimentos sobre coleta dos resíduos sólidos, visto que esta ocorre regularmente e não há necessidade do descarte em qualquer lugar, além de visitas domiciliares para sensibilização, com entrega de material educativo. Posteriormente, os estudantes visitaram 150 casas situadas próximas ao ponto crítico de descarte de resíduos sólidos, com abordagem individual e entrega de material educativo – um ímã de geladeira.

Figura 4. Orientações para a Caminhada Educativa

Fonte: SESAN (2017).

Etapa 5 - Oficina teórica e prática de plantio de mudas

Trabalhando a temática do descarte irregular dos resíduos sólidos, muitos pontos críticos são observados nos bairros cobertos pelo perímetro de intervenção desse programa: em especial no cruzamento da Rua das Moças com a Rua da Regeneração, no canal do bairro do Arruda, onde a eliminação de um ponto crítico antigo de resíduos (Figura 5) era o pleito dos moradores dessa localidade. Para promover maior sensibilização, foi realizada uma parceria com a equipe de Engenharia da Sesan; equipes sociais da Sesan e da Diagonal (empresa de consultoria contratada por meio de processo licitatório para desenvolver o TTS; Emlurb; moradores do entorno; e alunos da Escola Municipal Poeta Solano Trindade e do Oratório da Divina Providência. Posteriormente, foi realizado um plantio de mudas em jarros fixados na área antes ocupada pelos resíduos. No muro, também foram grafitadas algumas mensagens positivas, como estímulo ao zelo e à boa convivência entre os moradores.

Figura 5. Eliminação do ponto crítico de descarte dos resíduos sólidos no bairro do Arruda.

Fonte: SESAN (2017)

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O protagonismo da população foi o diferencial para a conservação desse espaço, entendendo que a parceria entre poder público, comunidade escolar e moradores é um dos aspectos para o êxito do empreendimento, que segundo Brandão (1984, p. 103), "A educação através da qual o sujeito não se veja apenas como um anônimo sujeito da cultura brasileira, mas como um sujeito coletivo da transformação da história e da cultura do país".

Com a oficina teórica, foi possível trazer um conteúdo técnico e com o teatro, esse tema foi estudado, transformado em roteiro e apresentado de forma lúdica para outras crianças e adolescentes que participaram da gincana. As visitas domiciliares realizadas pelas crianças da escola e do grupo de teatro possibilitaram que esse conteúdo chegasse aos moradores do entorno, trazendo a importância e o impacto da destinação correta dos resíduos sólidos. Por último, a ação operacional – a revitalização do espaço com o plantio – culminou na transformação desse lugar.

Em um primeiro momento, um aspecto foi observado: a motivação dos moradores na conservação do ambiente (através da limpeza e colocação de água nas plantas). Posteriormente, outro aspecto foi notório: a repercussão da transformação desse espaço e a mobilização popular para que essa ação seja replicada em outros pontos críticos.

A comunidade escolar sentiu-se inspirada com a vivência durante a execução desse projeto, reconhecendo nesse formato de metodolo-

gia a oportunidade de vivenciar uma nova experiência. Essas vivências foram fundamentais para a motivação e continuidade do trabalho. Os alunos e professores relataram a importância de planejar, de serem autores e executores junto ao poder público desse trabalho, interferindo na realidade e transformando-a.

5. CONCLUSÕES

A Educação Ambiental, no Projeto PAC Beberibe, teve como aspecto norteador a adjeção do conhecimento e ação, do poder público e da população, através de ações operacionais e educativas. O processo desenvolvido nessa vivência permitiu construir alguns conhecimentos práticos para a transformação na comunidade e dentro da escola. Nesta, foi possível identificar produções voltadas para a questão ambiental em outras turmas, caracterizadas pela vinculação dos conteúdos curriculares com a realidade de vida da comunidade, aplicando o conteúdo aprendido às necessidades do bairro, de modo participativo e através da aproximação da escola com a comunidade.

A partir da pesquisa, foi possível identificar elementos que justificam a importância dos grupos (comunidade e escolas) e parcerias institucionais para promoção da Educação Ambiental, principalmente no tocante à sua utilização como alternativa metodológica em projetos que tenham o eixo de Educação Sanitária, Ambiental e Patrimonial.

REFERÊNCIAS

BRANDÃO, Carlos Rodrigues. **O que é educação**. São Paulo: Brasiliense, 1984.

BRASIL. **Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Ambiental.** 2012. Disponível em: http://conferenciainfanto.mec.gov.br/images/conteudo/iv-cnijma/diretrizes.pdf Acesso em: 10/10/2018

BRASIL. **Política Nacional de Educação Ambiental.** Lei nº 9.795/99. 1999. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm . Acesso em: 11/08/2018

BRASIL. Ministério das Cidades. **Portaria 21**. 2014. Disponível em: http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosCidades/PAC/Manuais-Gerais-PAC/portaria21.pdf . Acesso em: 01/09/2018

BRASIL. **Tratado de Educação Ambiental para Sociedades Sustentáveis e Responsabilidade Global.** 1992. Disponível em: http://www.mma.gov.br/educacao-ambiental/politica-de-educacao-ambiental/documentos-referenciais/item/8068.html Acesso em: 11/11/2018

CARVALHO, Vilson Sérgio de. **Educação ambiental e Desenvolvimento Comunitário**. Rio de Janeiro: Wak Ed., 2006.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia**: saberes necessários à prática educativa-21ª Edição- São Paulo. Editora Paz e Terra, 2002.

MORIN, Edgar. **Os Sete Saberes Necessários à Educação do Futuro**. Tradução de Catarina Eleonora F. da Silva e Jeanne Sawaya. 6. ed. São Paulo : Cortez ; Brasília, DF : UNESCO, 2002.

QUINTAS, JOSÉ SILVA. Introdução à gestão ambiental pública / 2ª ed. revista. Brasília: Ibama, 2006.

REIGOTA, Marcos. **Meio Ambiente e Representação Social**. Coleção Questões da Nossa Época.– 7.ed. – São Paulo, Cortez, 2007.

SANTOS, Otavio Augusto Alves dos. **Planejamento Urbano e Problemas Ambientais:** Redirecionamento da Crise Ambiental Recifense. Geoambiente On-line , p. 68-84, 2014.

3.5 DESCARTE DE RESÍDUOS SÓLIDOS GERADOS: O GRAU DE CONHECIMENTO E SENSIBILIZAÇÃO AMBIENTAL DE DISCENTES E SERVIDORES DO *CAMPUS* RECIFE DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

FERREIRA, Sabrina de Oliveira Pinto Muniz
Graduada
Departamento de Ambiente, Saúde e Segurança do Instituto Federal de Pernambuco (DASS/ IFPE)
sabrina.yeshua@hotmail.com

JÚNIOR, Jorge Alberto Muniz Ferreira
Graduado
Departamento de Ambiente, Saúde e Segurança do Instituto Federal de Pernambuco (DASS/ IFPE)
jorgeamfj17@hotmail.com

LYRA, Marília Regina Costa Castro
Doutora
Departamento de Ambiente, Saúde e Segurança do Instituto Federal de Pernambuco (DASS/ IFPE)
mariliarcastro@uol.com.br

RESUMO

O consumo excessivo e a gestão inadequada dos resíduos sólidos são alguns dos principais fatores da degradação ambiental. O presente estudo foi realizado no *campus* Recife da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), com o objetivo de verificar o grau de sensibilização de discentes e servidores sobre o descarte dos resíduos sólidos gerados na instituição. A metodologia adotada foi uma pesquisa quantitativa através da aplicação de um questionário com perguntas e respostas sobre o descarte de resíduos sólidos gerados, além de questões ambientais. Esses pontos foram selecionados para avaliar o nível de conhecimento da comunidade acadêmica sobre os temas. Os resultados demonstraram o nível de envolvimento e conhecimento do público questionado com a realização de ações sustentáveis no *campus.* Através dos resultados, pôde-se concluir que os entrevistados não possuem conhecimento suficiente sobre o tema, porém possuem grau moderado de sensibilização ambiental, pois grande parte possui algum tipo de atitude sustentável, como economia de energia, papel e água, além de possuir conhecimento sobre a coleta seletiva existente na Universidade. Por fim, os entrevistados ressaltaram a importância da realização de debates sobre o tema, além da realização de mais ações ambientais e sua divulgação no ambiente universitário.

PALAVRAS-CHAVE: Preservação ambiental, Coleta seletiva, Atitude sustentável.

1. INTRODUÇÃO

A geração de resíduos sólidos no Brasil tem crescido gradualmente e vários fatores contribuem para esse aumento: o consumo excessivo, o baixo aproveitamento e o modelo insustentável de gerenciamento dos resíduos. A população vive em constante crescimento e desenvolvimento em vários segmentos, ocasionando mudanças significativas no ambiente que, por sua vez, contribuem para o surgimento de impactos ambientais.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), sancionada em 2010 pela Lei nº 12 305/2010, auxilia diretamente instituições a se adequarem e seguirem a legislação, auxiliando para a gestão correta dos resíduos sólidos, indicando todas as etapas de forma correta, responsabilizando os geradores por todo ciclo de vida do produto e fornecendo diretrizes para a coleta, o transporte, o tratamento e a disposição final dos resíduos, para que esses sejam manipulados de forma ambientalmente correta, seguindo as normas e diretrizes da lei. A PNRS também incentiva a não geração, a redução, a reciclagem e o reaproveitamento dos resíduos como instrumentos de avanço em relação às questões ambientais no País.

A Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) baseia-se também na Agenda Ambiental na Administração Pública (A3P), que consiste em um programa criado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) no ano de 1999, e que incentiva o setor público a realizar ações sustentáveis dentro de seus departamentos e em suas atividades externas, promovendo a responsabilidade socioambiental, gerando hábitos que possibilitem a economia em suas atividades, resultando no uso racional de produtos, na redução dos resíduos produzidos e do impacto ambiental causado aos recursos naturais.

A Universidade baseou-se, também, na coleta seletiva solidária, a qual segue critérios do Decreto Federal nº 5940/2006, que trata do programa de coleta seletiva solidária por órgãos em entidades da Administração Pública Federal visando à proteção ambiental e ao desenvolvimento sustentável. Essas ações consistem na separação correta dos resíduos sólidos por meio de estímulo à reciclagem através da doação dos resíduos para a cooperativa de catadores, contribuindo, assim, para o desenvolvimento socioeconômico da região e fazendo com que

essa ação favoreça não somente o meio ambiente, mas também inúmeras famílias que vivem da reciclagem, como alternativa para o desenvolvimento sustentável.

O presente trabalho objetivou analisar o grau de conhecimento e sensibilização ambiental de discentes e servidores da UFPE em relação ao desenvolvimento de práticas sustentáveis, tais como economia de água, papel e energia, além de verificar o conhecimento sobre a coleta seletiva solidária realizada na instituição e o procedimento de descarte dos seus resíduos.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

De acordo com a Organização das Nações Unidas (ONU, 2015), no Brasil são descartados de forma incorreta 80 toneladas de resíduos sólidos diariamente, correspondendo a mais de 40% do material coletado, devido à grande geração de resíduos no País. Esse fato é relevante para que o assunto seja cada vez mais discutido em busca de novas políticas ambientais a fim de aprimorar as existentes e resolver tais problemas com os resíduos, pois os procedimentos inadequados são extremamente prejudiciais ao meio ambiente, ocasionando diversos problemas ao solo, ao ar, à água, à fauna, à flora e à saúde da população, fazendo com que seja imprescindível a implantação da coleta seletiva, o tratamento adequado dos resíduos e a destinação final ambientalmente correta.

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2017), conforme citado pelo site G1 da Globo.com (GLOBO.COM, 2018), quase metade das 5570 cidades brasileiras não possuem o manejo integrado dos resíduos sólidos, planos estes que são realizados de acordo com o capital recebido pelas prefeituras para investimento na área. No site, encontram-se os itens obrigatórios e outros aspectos sobre o plano.

> Segundo a legislação, o plano tem 19 itens obrigatórios que incluem metas de redução da quantidade de rejeitos por meio de reciclagem e reutilização de materiais, diagnóstico da situação dos resíduos sólidos no município, além de regras para transporte e outras etapas do gerenciamento do lixo e limpe-

> za urbana. Na maioria dos municípios (82,1%) onde há um plano de resíduos sólidos, ele só envolve a cidade estudada. Um dos pontos da lei diz que serão priorizados no acesso aos recursos da União os municípios que optarem por soluções intermunicipais para os resíduos sólidos ou que se inserirem de forma voluntária em planos microrregionais (IBGE, 2017 apud GLOBO.COM, 2018).

De acordo com o IBGE (2017), os estados brasileiros com maior índice de cidades contendo plano de resíduos sólidos, segundo o Perfil de Municípios Brasileiros (MUNIC 2017), são o Mato Grosso do Sul, com 86,1%, e o Paraná, com 83,1%.

Rio de Janeiro e Minas Gerais, com população considerável, encontram-se abaixo da média nacional. Entre as análises por região, encontram-se na média a região Sul que está com a melhor colocação com 78,9% das cidades com plano integrado de resíduos sólidos implantados, seguida pela região Centro-Oeste (58,5%) e Sudeste (56,6%). Já as regiões que estão abaixo da média são Norte (54,2%) e Nordeste (36,6%), confome a Figura 1.

Figura 1. Percentual de cidades nos estados brasileiros com planos integrados de resíduos sólidos

Fonte: IBGE (2017).

Segundo Santos et al. (2018), devido à crise ambiental vivenciada, surge a necessidade de ações que sensibilizem a população, reforçando a importância da educação ambiental como um instrumento importante. O autor ainda salienta que:

> Diante dessa crise ambiental vivenciada, surge a necessidade de propor ações que possam sensibilizar a população da consciência e da necessidade de conservar os recursos naturais, tendo a educação ambiental como um importante instrumento e alternativa. Pois, esta aumenta a capacidade da população em abordar questões relacionadas à problemática ambiental, cabendo particularmente, às instituições de ensino, ser o palco principal de discussões e exemplo a ser seguido pela sociedade, tendo como propósito promover mudanças que garantam a melhoria das condições de vida. Porém, as instituições de ensino possuem uma realidade com a própria problemática de geração de resíduos, onde apesar de possuírem educadores da consciência ambiental, muitas vezes, esta consciência ambiental não é praticada no cotidiano. Isto se deve, principalmente, ao setor da administração destas instituições, pois geram grandes quantidades de resíduos decorrentes de suas atividades regimentais. Entre os principais resíduos gerados na administração pública podemos citar a geração de papéis, plásticos, cartuchos e toners, lâmpadas fluorescentes, lixo eletrônico e, em menor quantidade, vidros e metais além de pilhas e baterias, colas e tantos outros (SANTOS et al., 2018, p. 303).

Santos et al. (2018) falam sobre a utilização de materiais na administração pública, conforme trecho abaixo:

> Nas atividades desenvolvidas na administração pública o papel é um dos principais recursos consumidos, onde o papel A4 ocupa posição de destaque quanto ao uso nas ações rotineiras. Entretanto, também fazem parte do uso diário do setor da administração os envelopes, cartões de visita, agendas, papéis de recado, entre outros, todos envolvendo gran-

> des quantidades de papel (ABRELPE, 2015 apud SANTOS et al., 2018, p. 307).

Duraes, Oliveira e Ribeiro (2017) afirmam que:

> reforçam que universidades são como pequenas comunidades, onde há grande geração de diferentes tipos de resíduos, os autores consideram também que cada universidade deve se empenhar em adotar uma gestão sustentável, tendo em vista suas especificidades como hábitos culturais, localização geográfica, cursos oferecidos entre outros quesitos (DURAES; OLIVEIRA; RIBEIRO; 2017, p.2 apud GENG et al., 2013).

3. METODOLOGIA

A pesquisa foi desenvolvida na UFPE, situada na av. Professor Moraes Rego, 1235, Cidade Universitária, através de ações gerenciadas pela Diretoria de Gestão Ambiental (DGA), atualmente ligada à Superintendência de Infraestrutura (SINFRA), anteriormente denominada Prefeitura da Cidade Universitária (PCU).

A UFPE, fundada em 1946, conta com mais de 40 mil colaboradores, entre alunos, professores e servidores, distribuídos em três *campi*, localizados em Recife, Vitória de Santo Antão e Caruaru. Porém, o presente trabalho foi realizado apenas no *campus* Recife, que conta com mais de 40 prédios, incluindo Reitoria, Centros acadêmicos, oito órgãos suplementares, creche, casas de estudantes, restaurante universitário, entre outros. Com uma área total de 1 396 844 m² e área construída de 361 754 m², faz-se necessário o gerenciamento adequado de todos os resíduos sólidos gerados dentro da instituição, buscando práticas sustentáveis para o gerenciamento desses resíduos.

O trabalho foi realizado no mês de outubro do ano de 2018. Foram realizadas entrevistas com alunos e servidores sobre resíduos sólidos gerados na unidade e sobre a coleta seletiva solidária. Além de entrevistas, foram aplicados questionários com perguntas específicas sobre os temas citados e sobre meio ambiente e sustentabilidade.

As entrevistas e o questionário aplicado tinham o intuito de avaliar o grau de conhecimento e sensibilização ambiental do público investiga-

do. O questionário possuía quatro questões com informações pessoais, que não são contabilizadas na avaliação, e dez questões objetivas com os temas ambientais anteriormente citados que, após respondidas, foram avaliadas da seguinte forma: de zero a três respostas positivas, os entrevistados eram incluídos na categoria com baixo grau de conhecimento e sensibilização ambiental; de quatro a seis respostas positivas, eram considerados com um grau moderado de conhecimento e sensibilização ambiental; os que apresentaram de sete a dez respostas positivas eram classificados com um alto grau de conhecimento e sensibilização ambiental. Análises qualitativas e quantitativas são descritas abaixo.

As entrevistas e o questionário envolveram 30 pessoas, entre discentes e servidores da UFPE. Os setores escolhidos foram Reitoria, Centro de Artes e Comunicação (CAC) e Centro de Biociências (CB).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados foram avaliados através das respostas obtidas, as quais revelaram o conhecimento e a sensibilização dos entrevistados sobre temas ambientais e as possíveis ações sustentáveis realizadas por eles, além do descarte correto dos resíduos. Ademais, as respostas revelaram o grau de conhecimento dos entrevistados em relação às ações ambientais desenvolvidas na UFPE e possibilitaram algumas sugestões de melhoria para expandir o conhecimento e a sensibilização da comunidade sobre o tema.

Foram avaliadas todas as informações sobre a coleta seletiva solidária, com os dados de resíduos sólidos gerados, incluindo aspectos de geração e descarte de resíduos por discentes e servidores da Universidade e coleta, armazenamento, separação, transporte e destinação final. Foram avaliadas, também, as dificuldades encontradas nestes processos; nesse sentido, um dos temas que mais se destacou foi o descarte incorreto de resíduos pela comunidade acadêmica dentro do próprio *campus*.

Segundo Ferreira et al. (2018), inicialmente a coleta seletiva da UFPE era realizada com coletores coloridos de resíduos recicláveis. Posteriormente, foi substituída por apenas dois coletores: um de resíduos comum e outro de resíduos recicláveis, a fim de facilitar a separação e descarte dos resíduos (Figura 2).

No trecho abaixo sobre a coleta seletiva solidária realizada na UFPE, Ferreira et al. (2018) reforça o fato da falta de conhecimento e sensibilização ambiental da comunidade acadêmica:

> Em virtude da fase inicial de sensibilização da comunidade e da baixa consciência ambiental de todos os envolvidos nas tarefas (estudantes, servidores e visitantes) foi observado que as pessoas não estavam acondicionando os materiais corretos nos coletores separadamente, em muito dos casos jogavam restos de comida e, em outros, não sabiam diferenciar o tipo de resíduo (FERREIRA et al., 2018, p. 350).

Figura 2. Substituição de coletores recicláveis coloridos por dois tipos de coletores, sendo eles: resíduos comuns e resíduos recicláveis.

Fonte: Ferreira et al., (2018).

Em outro trecho, Ferreira et al. (2018) reforçam a melhoria da segregação dos resíduos com a substituição das lixeiras e a necessidade de mais ações de educação ambiental.

> Este fato demonstrou a necessidade de mais ações de educação ambiental e da substituição de coletores coloridos por apenas dois tipos, recicláveis e não recicláveis, para facilitar a compreensão e tornar a segregação adequada. Deste modo, a implantação de tal ação foi importante para a ação da Cooperativa de Catadores. Devido às falhas com o uso dos primeiros coletores, ocorridas tanto na separação direta pelos consumidores como também na triagem e logística, pois com os materiais separados de forma incorreta, muitos materiais

> acabavam se misturando e sujando materiais limpos que poderiam ser reciclados e acabava indo para o lixo comum. Após a substituição por apenas dois tipos de coletores de resíduos, melhorou o trabalho da equipe de triagem, a qual fica responsável pela separação e armazenamento dos resíduos no galpão de triagem provisório, dentro do *Campus* Recife, devidamente coberto, localizado próximo à DGA (FERREIRA et al., 2018, p. 350).

Entre as dificuldades encontradas, está o descarte inadequado dos resíduos, pois alguns alunos e até mesmo servidores revelaram falta de conscientização ou mau hábito ao jogarem resíduo comum na lixeira de recicláveis. Alguns entrevistados afirmaram depositar seus resíduos geralmente no coletor mais próximo e alguns nem sabiam da existência da coleta seletiva na UFPE.

Outro fato observado foi a resistência de alguns servidores a participarem dessa pesquisa. Alguns informavam que não tinham tempo disponível para responder os questionários; já entre os que responderam, alguns afirmaram que não utilizavam frente e verso do papel e que utilizavam copos descartáveis em vez de levar sua própria caneca de casa. Com isso, percebe-se que atitudes simples mudam muito a questão dos resíduos sólidos, pois a não geração e a redução de resíduos são pilares importantes para a preservação ambiental; já a coleta seletiva auxilia no reuso e na reciclagem de materiais que iriam para o lixo, além de ser fonte de renda para diversos catadores de resíduos recicláveis.

De acordo com Araújo (2014), conforme citado por Ferreira et al. (2018):

> Segundo Araújo (2014), a Escola de Engenharia da Universidade Federal Fluminense (UFF) necessita de sensibilização de práticas sustentáveis tanto para a comunidade acadêmica, mas principalmente para os servidores terceirizados da equipe de limpeza, se assemelhando ao caso da UFPE, pois é o ponto primordial para iniciar o processo de separação dos re-

> síduos corretamente após o descarte, portanto, o autor reforça sobre a importância de oficinas sobre a gestão dos resíduos sólidos e sua destinação final correta, o que é um dos pontos a melhorar na UFPE descritos na conclusão. Segundo o autor há uma tendência à falta de implementação e inexistência de ações orientadas às práticas de coleta seletiva solidária na UFF, diferentemente da UFPE onde apesar dos pontos negativos e a melhorar as ações estão sendo implementadas progressivamente. (ARAÚJO, 2014 apud FERREIRA et al., 2018, p. 355).

A Tabela 1 mostra os resultados obtidos através da avaliação do questionário sobre o grau de conhecimento e sensibilização de discentes e servidores da UFPE. Foi verificado que embora quase metade dos entrevistados se enquadre na categoria "grau moderado", a maioria apresenta "baixo grau", reforçando a ideia de que precisam haver mais ações de educação ambiental na instituição para que haja progressão na conscientização da população universitária, refletindo na adesão das ações ambientais propostas pela instituição.

Tabela 1. Avaliação do grau de conhecimento e sensibilização ambiental de discentes e servidores da UFPE, *campus* Recife

Resultado da análise dos questionários	**Quantitativo de questionários aplicados**
Baixo Grau de conhecimento e sensibilização ambiental	12
Grau moderado de conhecimento e sensibilização ambiental	11
Alto grau de conhecimento e sensibilização ambiental	07
Total	30

Fonte: Autores.

A Figura 3 apresenta o questionário aplicado para obtenção dos resultados aqui apresentados.

Figura 3. Questionário aplicado com discentes e servidores da UFPE sobre questões básicas de conhecimento acerca de temas ambientais e descarte de resíduos sólidos

Questionário para alunos e servidores sobre conhecimento sobre o tema Meio Ambiente e Descarte de resíduos sólidos na Universidade Federal de Pernambuco

Preencha o questionário de acordo com seu conhecimento, sem olhar na internet ou perguntar a alguém. O questionário é apenas para avaliar sobre o conhecimento de alunos e servidores da UFPE, CAMPUS RECIFE sobre o tema citado. Para preencher marque um x na sua resposta.

1. **Indique seu sexo**
   1 - ☐ Masculino
   2 - ☐ Feminino
2. **Indique sua idade**
   1 - ☐ Menos de 20 anos
   2 - ☐ De 20 a 30 anos
   3 - ☐ De 31 a 40 anos
   4 - ☐ De 41 a 50 anos
   5 - ☐ Mais de 51 anos
3. **Indique se é aluno ou servidor**
   1 - ☐ Aluno
   2 - ☐ Servidor
4. **Qual seu nível de conhecimento sobre o assunto MEIO AMBIENTE?**
   1 - Nada
   2 - Pouco, já ouvi falar
   3 - Moderado
   4 - Alto
5. **Você conhece o significado de coleta Seletiva ou Resíduos recicláveis?**
   1 - Sim
   2 - Não
6. **Você sabia que existe um programa de coleta seletiva na UFPE que recolhe os resíduos recicláveis separadamente (resíduos que iriam para o lixo, mas são reciclados para serem usados novamente como: Plástico, papelão, papel)?**
   1 - Sim
   2 - Não
7. **Você já viu lixeiras de resíduos recicláveis separadas da lixeira comum na UFPE ou panfletos informativos sobre a coleta seletiva?**
   1 - Sim
   2 - Não
8. **Você joga os resíduos recicláveis nas lixeiras corretas (Lixeira somente de resíduos recicláveis)?**
   1 - Sim
   2 - Não, o lixo é todo misturado.
9. **Marque a opção (ões) que você pratica diariamente ou na maior parte do tempo.**
   1 - Economiza água
   2 - Economiza energia
   3 - Só utiliza papel se for necessário, senão utiliza mídia digital
10. **Você imprime folhas frente e verso ou utiliza papel reciclado nas impressões?**
    1 - Sim
    2 - Não
11. **Você já viu na UFPE algum panfleto informativo ou participou de algum evento ambiental?**
    1 - Sim
    2 - Não
12. **Em casa você separa seu lixo comum e reciclável?**
    1 - Sim
    2 - Não
13. **Você leva sua própria caneca ou utiliza copos descartáveis na UFPE?**
    1 - Caneca
    2 - Copo descartável
14. **Você fecha a torneira quando está lavando louça ou escovando os dentes?**
    1 - Sim
    2 - Não

Fonte: (Ferreira et al., 2018).

5. CONCLUSÕES

Através dos resultados obtidos, foi possível concluir que a maioria dos entrevistados não possui conhecimento necessário sobre o tema, apresentando graus moderado ou baixo de sensibilização ambiental.

Uma parcela significativa dos entrevistados desenvolve algum tipo de ação sustentável, como economizar energia, papel e água. A maior parte informou que não participou de eventos ambientais na instituição e nem visualizou panfletos informativos sobre o tema, porém estão cientes que a coleta seletiva existe na UFPE. Esses ressaltaram a importância de debates sobre o tema de sustentabilidade e preservação ambiental, além de pontuar a importância de mais ações ambientais e mais divulgações na Universidade.

Através da análise realizada, foi possível verificar claramente a falta de colaboração de grande parte dos servidores, os quais afirmaram que muitas pessoas ainda não cumprem o estabelecido de descartarem apenas os recicláveis na lixeira, incluindo também outros resíduos (cadeira quebrada, isopor, papéis sujos) sem utilidade para a cooperativa de reciclagem.

Ficou clara, também, a necessidade de expandir as ações nos setores do *campus,* uma vez que nem todos são alcançados, além da realização de visitas em sala de aula com informações sobre a coleta seletiva e divulgação do endereço virtual a ser acessado pelos interessados em palestras, eventos e submissão de trabalhos.

Por fim, ficou claro que a educação ambiental é o pilar para que todo processo ocorra da maneira correta, seguida pela expansão da divulgação e pela fiscalização das ações.

REFERÊNCIAS

DURAES, P.H.V.; OLIVEIRA, M.C.; RIBEIRO, E.N. **Diagnóstico dos resíduos sólidos gerados no campus da faculdade UNB de Planaltina (FUP)/DF** 8. ed. Curitiba, 2017.

FERREIRA, S.O.P.M.; FERREIRA JÚNIOR, J.A.M.; SOUZA, C.C.; LYRA, M.R.C.C. Análise da Coleta Seletiva Solidária na Universidade Federal de Pernambuco, Campus Recife - PE**.** In: SANTOS, J.P.O.; SILVA, R.C.P.; MELLO, D.P.; EL-DEIR, S.G. **Resíduos sólidos**: Impactos Socioeconômicos e Ambientais. 1. ed. Recife, 2018. Cap. 4. p. 345-357.

GLOBO.COM. **Quase metade das cidades brasileiras não tem plano para resíduos sólidos, diz IBGE**: Plano é condição para o município ter acesso a recursos e financiamentos da União para a área. Disponível em: https://g1.globo.com/economia/noticia/quase-metade-das-cidades-brasileiras-nao-tem-plano-para-residuos-solidos-diz-ibge.ghtml . Acesso em: 24 nov. 2018.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa de Informações Básicas Municipais: Perfil dos Municípios Brasileiros**. IBGE, 2017.

ONU. **No Brasil, 80 mil toneladas de resíduos sólidos são descartadas de forma inadequada por dia, afirma ONU.** Organização das Nações Unidas, 2015. Disponível em: https://nacoesunidas.org/no-brasil-80-mil-toneladas-de-residuos-solidos-sao-descartados-de-forma-inadequada-afirma-onu/. Acesso em: 24 nov. 2018.

SANTOS, J.P.O.; SILVA, R.C.P.; MELLO, D.P.; EL-DEIR, S.G. **Resíduos sólidos:** Impactos Socioeconômicos e Ambientais. 1. ed. Recife, 2018.

3.6 EDUCAÇÃO AMBIENTAL EM ESPAÇO RELIGIOSO NO MUNICÍPIO DE RECIFE, PERNAMBUCO.

BARBOSA, Graziela
Graduanda
Departamento de Ciência Florestal da Universidade Federal Rural de Pernambuco
(DCFL/UFRPE)
barbosa_graziela@yahoo.com.br

MARTINS, Valéria
Graduanda
Departamento de Saúde, Segurança e Meio Ambiente do Instituto Federal de Pernambuco
(IFPE)
valeriamartinns@hotmail.com

RESUMO

A Educação Ambiental (EA) permite construir conhecimentos e habilidades para a conservação do meio ambiente, segundo a Política Nacional de Educação Ambiental, disposta na Lei nº 9795/99. Os espaços religiosos, diante da sua credibilidade e pelo número de fiéis, representam oportunidades para o desenvolvimento da EA e a formação de agentes ambientais. Nesse sentido, o estudo apresenta ações ambientais desenvolvidas em uma capela localizada no município de Recife, em Pernambuco. Foram realizadas consultas bibliográficas, documentais e disponíveis na *internet*, como o *site* da Conferência Nacional dos Bispos Brasileiros (CNBB). A Igreja Católica, em 1979, inseriu a temática ambiental na Campanha da Fraternidade, intitulada "Por um mundo mais humano: Preserve o que é de todos". Na capela em estudo, a temática ambiental foi inserida na aula de catequese com abordagem sobre a criação do céu e da terra. As crianças foram incentivadas a recolher garrafas PET, que foram encaminhadas para a confecção de vassouras ecológicas. Diante do consumo de copos descartáveis nos encontros semanais, as crianças receberam copos reutilizáveis, visando reduzir os resíduos gerados e consequentemente atender à segunda prioridade da Lei nº 12 305/10, que trata da redução dos resíduos sólidos. As ações permitiram despertar nas crianças a responsabilidade com o meio ambiente, a possibilidade de geração de renda por meio da reciclagem e a conscientização quanto à sustentabilidade ambiental.

PALAVRAS-CHAVE: Conservação Ambiental, Educação não-formal, Sustentabilidade.

1. INTRODUÇÃO

Diante os impactos ambientais negativos resultantes das atividades e, consequentemente, das alterações humanas, provocadas ao meio ambiente, torna-se fundamental a participação social em ações que visem à conservação ambiental, de modo a assumir sua responsabilidade desde a geração até a destinação ambientalmente adequada dos resíduos. Desse modo, a Educação Ambiental atua buscando garantir a construção de conhecimentos, habilidades e a formação de agentes ambientais atuantes na conservação do meio ambiente.

Nesse sentido, a temática ambiental tem sido discutida em ambientes diversos, de caráter educativo não formal, conforme menciona a Lei nº 9.795 de 1999, que institui a Política Nacional de Educação Ambiental. Além de definir, em seu art. 13, que a Educação Ambiental não formal está relacionada a ações e práticas educativas voltadas à sensibilização da coletividade sobre as questões ambientais.

Além de serem discutidas em ambientes escolares, Organizações não Governamentais (ONGs) e associações, as questões ambientais podem conscientizar a sociedade em ambientes religiosos, de modo a possibilitar, por meio da Educação Ambiental, relacionar tais questões com temas bíblicos, considerando a natureza como herança divina que requer cuidados quanto ao uso sustentável, e consequentemente, garantir seus recursos às gerações futuras.

Desse modo, o presente estudo tem por objetivo compreender e apresentar as ações ambientais desenvolvidas em um ambiente religioso. Precisamente em uma Capela localizada no município de Recife, em Pernambuco, visando conscientizar crianças da catequese à adoção de hábitos sustentáveis. Além de apresentar uma revisão bibliográfica sobre a temática que possibilitou fundamentar os resultados.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A reflexão quanto à temática ambiental vem ocorrendo, ao longo dos anos, marcada por acontecimentos considerados relevantes, de modo a constituir o contexto histórico-ambiental. Conforme o Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2018) e o Portal do Ministério da Educação (MEC, 2018), em 1869, o vocábulo “ecologia”, utilizado em

estudos sobre as relações entre as espécies e o ambiente, foi proposto pelo cientista e biólogo alemão Ernst Haeckel. Já em 1872, foi criado o primeiro Parque Nacional do mundo, localizado nos Estados Unidos, denominado Yellowstone.

No século XX, em 1947, foi fundada, na Suíça, a União Internacional para a Conservação da Natureza (UICN). Em 1952, aconteceu um acidente de poluição atmosférica em Londres que resultou na morte de 1600 pessoas.

Nos anos 1960, mais especificamente em 1962, foi publicado o livro "Primavera Silenciosa", da autora Rachel Carlson, com o objetivo de alertar sobre os danos provocados ao meio ambiente pelas ações humanas. Em 1965, a expressão "Educação Ambiental" foi utilizada na Conferência de Educação da Universidade de Keele, na Grã-Bretanha. Já em 1966, foi realizado o Pacto Internacional sobre os Direitos Humanos na Assembleia Geral da Organização das Nações Unidas (ONU). Em 1968, surge a Fundação Clube de Roma; ocorrem as manifestações de maio de 68 na França e nasce o Conselho para Educação Ambiental, no Reino Unido.

Em 1970, foi elaborado o "Manifesto para a Sobrevivência", que relacionou o aumento da demanda pelos recursos finitos. Em 1972, foi publicado o relatório "Os Limites do Crescimento Econômico", produzido pelo Clube de Roma com o objetivo de estudar ações favoráveis ao equilíbrio ambiental global. Nesse mesmo ano, ocorreu a Conferência de Estocolmo, que possibilitou a discussão sobre o desenvolvimento e o ambiente, com a apresentação do conceito de ecodesenvolvimento e a Recomendação 96, que tratou sobre Educação e Meio Ambiente. Além da criação do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), em Nairóbi, e, no Brasil, o primeiro curso de pós-graduação em Ecologia, na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

Em 1973, aconteceu o registro mundial de Programas em Educação Ambiental. Já em 1974, ocorreu o Seminário de Educação Ambiental em Jammi, na Finlândia, que possibilitou o reconhecimento da Educação Ambiental como educação integral e permanente. Em 1975, ocorreu o Congresso de Belgrado, promovido pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (Unesco), que resultou na Carta de Belgrado que estabeleceu as metas e os princípios com a proposta de um Programa Mundial de Educação Ambiental. Nesse

mesmo ano, tem-se a criação do Programa Internacional de Educação Ambiental, entre seus princípios, destaca-se que a Educação Ambiental deve ser continuada e multidisciplinar.

Em 1976, aconteceu a Reunião Sub-regional de Educação Ambiental para o ensino secundário em Chosicano, no Peru. Foram confirmadas que questões ambientais na América Latina estão ligadas às necessidades de sobrevivência e aos direitos humanos. Nesse mesmo ano, ocorreu o Congresso de Educação Ambiental em Brasarville, na África, que reconheceu a pobreza como o maior problema ambiental, além da criação dos cursos de pós-graduação em Ecologia nas Universidades do Amazonas, Brasília, Campinas e São Carlos, ambas em São Paulo, e no Instituto Nacional de Pesquisas Aéreas (INPA), em São José dos Campos, também em São Paulo.

Já em 1977, aconteceu a Conferência Intergovernamental de Educação Ambiental em Tbilisi, na Geórgia, organizada pela Unesco, que estabeleceu os princípios orientadores da Educação Ambiental e reafirmou seu caráter interdisciplinar, critico, ético e transformador. No Brasil, a disciplina de Ciências Ambientais tornou-se obrigatória nos cursos de Engenharias, pelo Conselho Federal de Educação. Em 1978, foram inseridas as disciplinas de Saneamento Básico e Ambiental no curso de Engenharia Sanitária.

Em 1979, foi realizado o Encontro Regional de Educação Ambiental para América Latina organizado pela Unesco e pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), em San José, na Costa Rica. Também nesse ano, houve a publicação do documento "Ecologia - Uma proposta para o Ensino de 1º e 2º graus", pelo departamento do Ensino Médio do Ministério da Educação (MEC) e pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb). Nesse mesmo ano, aconteceu, no mês de março, um acidente nuclear na usina norte-americana de Three Mile Island, na Pensilvânia, segundo 1979: Acidente... (2017), que resultou na emissão de gases radioativos, com intensidade oito vezes acima da considerada letal. Meses depois, a investigação do acidente foi concluída como ocasionado por falha humana. Também foi lançado o livro "O princípio responsabilidade: ensaio de uma ética para a civilização tecnológica", pelo filósofo alemão Hans Jonas, cujas ideias podem ser contextualizadas com as questões ambientais. De acordo com Souza (2012), os temas da responsabilidade joniana e da

educação ambiental são considerados significativos quanto à conscientização de um povo descentralizado de sua relação com a natureza, de modo a ser necessário retomar os valores e os direitos à vida. Já que o homem pertence à natureza, deve, portanto, usar sua habilidade, a qual é compreendida como a forma de lidar com as coisas que o rodeia, em favor da vida no planeta, pois, de acordo com os pensamentos do filósofo Hans Jonas (1979) *apud* Souza (2012), o ambiente degradado resulta na degradação de seus usuários, o que reforça a responsabilidade da sociedade com a sustentabilidade do meio ambiente.

Diante de tal contexto de acontecimentos relacionados à temática ambiental, ainda em 1979, a Igreja Católica inseriu as questões ambientais na Campanha da Fraternidade. A partir da década de 1980, outros acontecimentos ambientais vêm sendo registrados até os dias atuais; este estudo, no entanto, apresenta a contextualização histórica até o ano em que a Igreja Católica se posicionou quanto às temáticas ambientais.

De acordo com a Lei nº 9.795 de 1999, que institui a Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA), a Educação Ambiental permite a construção de conhecimentos e habilidades para a conservação do meio ambiente, considerada um componente essencial da educação nacional e devendo estar presente também na modalidade educativa não formal.

Nesse sentido, cabe ao poder público, às instituições educativas, aos órgãos integrantes do Sistema Nacional de Meio Ambiente (Sisnama), aos meios de comunicação de massa, às empresas e à sociedade promover a Educação Ambiental por meio de ações, programas, disseminação de informações e formação de valores, visando prevenir, identificar e solucionar problemas ambientais. Dessa forma, segundo Moraes et al. (2017), a Educação Ambiental deixa de ser restrita ao ambiente escolar e se faz presente em todos os espaços sociais, de modo a ampliar seu público-alvo e conscientizar a população que se encontra fora da escola para as questões ambientais.

Entre as atividades vinculadas à PNEA, ainda segundo a Lei nº 9.795/99, pode-se destacar o desenvolvimento de estudos, pesquisas, experimentos, acompanhamento e avaliação, visando fortalecer instrumentos e metodologias, além da incorporação da dimensão ambiental de forma interdisciplinar.

Diante disso, a Educação Ambiental, entre seus objetivos fundamentais, almeja "o incentivo à participação individual e coletiva, per-

manente e responsável, na preservação do equilíbrio do meio ambiente, entendendo-se a defesa da qualidade ambiental como um valor inseparável do exercício da cidadania" (BRASIL, 1999).

A Lei nº 12.305 de 2010 institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que apresenta os princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações do Governo Federal quanto à gestão ambientalmente adequada dos resíduos sólidos. Nesse sentido, torna-se primordial compreender alguns conceitos estabelecidos na lei:

> Resíduos sólidos: material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível;
>
> Geradores de resíduos sólidos: pessoas físicas ou jurídicas, de direito público ou privado, que geram resíduos sólidos por meio de suas atividades, nelas incluído o consumo;
>
> Reutilização: processo de aproveitamento dos resíduos sólidos sem sua transformação biológica, física ou físico-química, observadas as condições e os padrões estabelecidos pelos órgãos competentes do Sisnama e, se couber, do SNVS e do Suasa;
>
> Reciclagem: processo de transformação dos resíduos sólidos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos, observadas as condições e os padrões estabelecidos pelos órgãos competentes do Sisnama e, se couber, do SNVS e do Suasa;
>
> Padrões sustentáveis de produção e consumo: produção e consumo de bens e serviços de forma a atender as necessidades das atuais gerações e permitir melhores condições de vida, sem comprometer a qualidade ambiental e o atendimento das necessidades das gerações futuras. (BRASIL, 2010).

A CNBB é constituída por Bispos da Igreja Católica no País — diocesanos, auxiliares, titulares e prelados das Igrejas Orientais Católicas. Trata-se de uma instituição permanente, responsável por exercer algumas funções pastorais em favor de seus fiéis, de modo a dinamizar sua própria missão evangelizadora, segundo o site da instituição (CNBB, 2018).

Entre as missões da CNBB, pode-se destacar o estímulo a ações de solidariedade entre os pastores e consequentemente, suas igrejas. Nesse sentido, a instituição promove anualmente, no período da Quaresma, a Campanha da Fraternidade, como caminho de conversão quaresmal. Trata-se de "Um caminho pessoal, comunitário e social que visibilize a salvação paterna de Deus" (STEINER, 2017). A campanha foi instituída em 1964, possui abrangência nacional, cujo objetivo é evangelizar e constituir um espaço de formação, mediante reflexão dos temas propostos a cada ano.

Com o tema "Biomas brasileiros e defesa da vida" e o lema "Cultivar e guardar a criação", a Campanha da Fraternidade de 2017 apresentou abordagem ambiental visando, segundo a CNBB (2017), conscientizar a população para o cuidado da criação, especialmente dos biomas brasileiros, além de expressar um alerta para os perigos da devastação e despertar a atenção da sociedade para a criação de Deus. Nesse sentido, o cartaz utilizado para a divulgação dessa campanha apresentou o mapa do Brasil, com imagens características de cada região. Da mesma forma, o hino da campanha apresentou características referentes ao tema, conforme pode ser observado no trecho a seguir: Louvado seja, ó Senhor, pela mãe terra, que nos acolhe, nos alegra e dá o pão. Queremos ser os teus parceiros na tarefa, de "cultivar e bem guardar a criação". Refrão: Da Amazônia até os Pampas, do Cerrado aos Manguezais, chegue a ti o nosso canto pela vida e pela paz.

A Campanha da Fraternidade aborda temas diversos, com interesse social, humanitário e ambiental, de modo a possibilitar uma discussão de âmbito nacional sobre essas temáticas.

3. METODOLOGIA

Quanto à caracterização, o presente estudo foi desenvolvido em uma capela vinculada à Igreja Católica, cujo padroeiro não será informado para preservar a identidade das crianças, localizada no bairro da Cohab, no município de Recife, em Pernambuco. O grupo considerado

para análise é formado por crianças com faixa etária de 08 à 14 anos, totalizando 12 crianças com percentual de meninas correspondente a 58% do grupo. A cidade de Recife, onde a capela está inserida, possui área territorial de 218 435 km², e densidade demográfica, segundo o Censo Demográfico 2010, equivalente a 7039,64 habitantes/km².

A capela realiza atividades religiosas de encontros de grupos de oração, como o Terço dos Homens, Ofício de Nossa Senhora, Cenáculos, momentos de adoração e a formação da Catequese, além das missas semanais.

Para o desenvolvimento do estudo, foi adotado o método qualitativo. Foi realizada uma revisão bibliográfica por meio de consultas a artigos e trabalhos científicos, à legislação referente à temática e documentos impressos ou digitais, além de consultas a *sites*. A pesquisa também pode ser considerada como estudo de caso, tendo em vista a continuidade que se pretende dar em outras igrejas da localidade. Assim, permite um detalhado conhecimento sobre as atividades realizadas na Igreja relacionadas à gestão dos resíduos sólidos e suas atividades correlatas.

A Igreja Católica, representada pela CNBB, além de temas assistencialistas, vem inserindo temáticas ambientais, desde 1979, como tema da Campanha da Fraternidade, de modo a permitir uma reflexão em todo o país dos assuntos relacionados à preservação do meio ambiente (Quadro 1).

Quadro 1. Temas ambientais abordados na Campanha da Fraternidade.

Ano	Tema	Lema
1979	Por um mundo mais humano.	Preserve o que é de todos.
2004	Fraternidade e água.	Água fonte da vida.
2007	Fraternidade e Amazônia.	Vida e missão neste chão.
2011	Fraternidade e a vida no planeta.	A criação geme em dores de parto.
2016	Casa comum nossa responsabilidade.	Quero ver o direito brotar como fonte e correr a justiça qual riacho que não seca.
2017	Biomas brasileiros e defesa da vida.	Cultivar e guardar a criação.

Fonte: Autoras.

A temática ambiental foi inserida no encontro da Catequese realizado em abril de 2018, a partir da abordagem do tema: "Deus criou o céu e a terra" (BRUSTOLIN, 2009), proposto no livro adotado para estudo, que permitiu despertar nas crianças a responsabilidade com o cuidado ao meio ambiente, por meio do uso racional dos recursos naturais. De acordo com Boff (2010), elementos da natureza devem ser inseridos nas celebrações, já que todos dependem deles, além de possibilitar a reflexão sobre a criação, algo que ocorre a cada momento e remete ao Criador. Ainda segundo o teólogo, a preservação e o cuidado com a natureza estão relacionados à transformação de ideias em atitudes.

Nesse sentido as crianças foram convidadas a refletir sobre a responsabilidade de cuidar da natureza e do meio ambiente, seja com a reciclagem do lixo, o cuidado com as plantas, árvores e animais, ou reduzindo o desperdício da água ao tomar banho e escovar os dentes, por exemplo. Em seguida, foi lançada a proposta de uma mudança de atitude em favor da sustentabilidade ambiental, e o grupo foi motivado a recolher garrafas pet durante aproximadamente três meses, que seriam encaminhadas para reutilização.

A capela não possui uma agenda ambiental nem planejamento quanto às atividades voltadas à Educação Ambiental; nesse caso, as ações ocorrentes são pontuais, quando estimuladas pela Campanha da Fraternidade com o objetivo de inserir os frequentadores da igreja, visando incentivar ações na comunidade que fortaleçam a responsabilidade socioambiental, ou por meio de iniciativas, nesse caso, da Catequese.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Brasil, a Igreja Católica Apostólica Romana apresenta um número significativo de fiéis, como pode ser observado na Figura 1, conforme constatam os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), referente ao Censo realizado em 2010.

Figura 1. População brasileira por religião

Fonte: IBGE (2010).

Assim como foi o resultado de fiéis no Brasil, na região Nordeste também predomina o número de católicos, segundo o Censo 2010 (IBGE, 2010), com uma representatividade de 38 317 276 fiéis.

Diante da compreensão das crianças quanto à temática abordada na Igreja, foi proposta a coleta de garrafas pet, que depois de higienizadas e armazenadas, foram destinadas a uma família residente em Itamaracá, para serem utilizadas como matéria-prima na confecção de vassouras ecológicas (Figura 2), possibilitando a reutilização do material coletado e, consequentemente, a geração de renda, de modo a atender o princípio nº 8 da PNRS, quanto ao "reconhecimento do resíduo sólido reutilizável e reciclável como um bem econômico e de valor social, gerador de trabalho e renda e promotor de cidadania" (BRASIL, 2010).

Figura 2. Vassoura ecológica

Fonte: Autoras (2018).

Em um estudo realizado para mercados públicos e feiras livres, Barbosa (2013) sugere que os materiais recicláveis sejam enviados para cooperativas e artesãos que atuam como feirantes no mercado público localizado em Jaboatão, para a confecção de artesanato, o que favorece a reciclagem, a reutilização e a destinação adequada do material, tais como: jornais, palito de picolé, garrafas pet e tampinhas de garrafas.

Diante do consumo de copos descartáveis nos encontros semanais e nas missas, as crianças receberam copos reutilizáveis (Figura 3) visando reduzir os resíduos gerados e consequentemente atender à segunda prioridade da Política Nacional de Resíduos Sólidos, quanto à redução na geração de resíduos, além de favorecer a adoção de padrões sustentáveis de consumo e incentivo à reciclagem.

Figura 3. Copos descartáveis substituídos por reutilizáveis.

Fonte: Autoras (2018).

Desse modo, as crianças logo localizam seus respectivos copos e evitam o uso de recicláveis. Quanto às garrafas pet, mesmo após a atividade, as crianças deram continuidade às coletas. Outras medidas foram adotadas, como evitar o desperdício de material e produtos, por meio da redução do uso de papel nas atividades e do consumo de detergente no banheiro, através do uso do dosador, por exemplo.

5. CONCLUSÕES

O estudo permitiu desenvolver ações que possibilitaram despertar nas crianças a responsabilidade e o cuidado com o meio ambiente. Nesse sentido, possibilitou realizar o diagnóstico quanto aos temas ambientais abordados na Campanha da Fraternidade, além de contribuir com a geração de renda por meio da destinação adequada das garrafas PET coletadas, direcionadas para a produção de um novo produto.

O estudo constatou que o ambiente religioso pode ser utilizado como um espaço para práticas de Educação Ambiental e permite conscientizar a sociedade quanto à sustentabilidade.

Desse modo, o trabalho possibilitou identificar a ciência nas atividades religiosas, caracterizando-se como um estudo de abordagem inovadora, diante dos poucos trabalhos localizados. Espera-se que o estudo possa estimular novas experiências e a continuidade de pesqui-

sas sobre a temática e o objeto de estudo, de modo a permitir ampliar o gerenciamento de resíduos sólidos em ambientes diversos.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, G. S. **Gerenciamento de Resíduos Sólidos para o Mercado Público das Mangueiras no município de Jaboatão do Guararapes, Pernambuco, Brasil**. Recife: IFPE, 2013.

BOFF, L. **Boff cobra das lideranças religiosas "falar mais da criação e da preservação da natureza". Goiânia:** Guia Ecológico, 2010. Disponível em: <https://guiaecologico.wordpress.com/2010/10/08/boff-cobra--das-liderancas-religiosas-falar-mais-da-criacao-e-da-preservacao-da--natureza/>. Acesso em: 18 out. 2018.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Brasília, DF, 02 ago. 2010.

BRASIL. Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999. **Dispõe sobre a Educação Ambiental**. Brasília, DF, 27 abr.1999.

BRUSTOLIN, L.A. **Casa de iniciação cristã.** São Paulo: Paulinas, 2009.

CNBB - CONFERÊNCIA NACIONAL DOS BISPOS DO BRASIL. **Campanha da Fraternidade**. Brasília: CNBB, 2018. Disponível em: <http://www.cnbb.org.br/campanha-da-fraternidade/>. Acesso em: 18 out. 2018.

CNBB - CONFERÊNCIA NACIONAL DOS BISPOS DO BRASIL. **Edições CNBB disponibiliza cartaz da CF.** Brasília: CNBB, 2017. Disponível em: <http://www.cnbb.org.br/edicoes-cnbb-disponibiliza-gratuitamente-cartaz-da-cf/>. Acesso em: 20 nov. 2018.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2010.** Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/sociais/populacao/9662-censo-demografico-2010.html?edicao=9749&t=destaques>. Acesso em: 18 out. 2018.

MEC - MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Um pouco da História da Educação Ambiental**. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/secad/arquivos/pdf/educacaoambiental/ historia.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2018.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Histórico Mundial**. Brasília: MMA, 2018. Disponível em: <httpshttp://www.mma.gov.br/educacao-ambiental/politica-de-educacao-ambiental/historico-mundial>. Acesso em: 20 nov. 2018.

MORAES, S.S. MORAES, G.L. BATTISTELLE, R.A.G. **Educação Ambiental em espaço não formal:** a atuação da Igreja Católica. Rio Grande: Revista de Educação Ambiental, 2017.

SOUZA, M.A.A. **Ética ambiental em Hans Jonas:** a necessidade do princípio responsabilidade para a civilização tecnológica. Campina Grande: Revista Educação Ambiental em ação, 2012.

STEINER, L.U. **CF inserida no tempo da Quaresma convida à conversão ecológica**. Brasília: CNBB, 2017. Disponível em: <http://www.cnbb.org.br/cf-inserida-no-tempo-da-quaresma-convida-a-conversao--ecologica/>. Acesso em: 20 nov. 2018.

1979: ACIDENTE **nuclear em Three Mile Island**. [S.I.]: Portal Terra, 2017**.** Disponível em: <https://www.terra.com.br/noticias/1979-acidente-nuclear-em-three-mile-island,ef5d1e2503c233d1d0b1280bbd4e3aeadg7yd2fm.html>. Acesso em: 24 nov. 2018.

EIXO TEMÁTICO 4: IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS DA URBANIZAÇÃO

4.1 Dinâmica na cobertura vegetal da mesorregião Sertão Paraibano, na Paraíba, através do sensoriamento remoto.

4.2 Importância da cobertura vegetal morta para infiltração de água em um argissolo amarelo eutrófico típico na Bacia do Alto Ipanema, em Pesqueira, Pernambuco

4.3 Análise amostral quali-quantitativa de resíduos sólidos no estuário do Rio Capibaribe, em Pernambuco.

4.4 Desenvolvimento, crise e resistência: os impactos causados na Lagoa do Araçá, em Recife, Pernambuco.

4.5 Saúde ambiental no Assentamento do Engenho Ubu, em Goiana, Pernambuco.

4.1 DINÂMICA NA COBERTURA VEGETAL DA MESORREGIÃO SERTÃO PARAIBANO, NA PARAÍBA, ATRAVÉS DO SENSORIAMENTO REMOTO

COELHO, Ivan de Almeida Machado
Professor Mestre
Curso de Gestão Ambiental da Faculdade de Comunicação, Tecnologia e Turismo de Olinda
(GA/FACOTTUR)
machado.floresta@gmail.com

MEIRELES, Felipe Melo
Graduando
Curso de Gestão Ambiental da Faculdade de Comunicação, Tecnologia e Turismo de Olinda
(GA/FACOTTUR)
felipemelomeireles@gmail.com

CAVALCANTI, Maria Luiza Coelho
Mestranda em Energias Renováveis
Centro de Energias Alternativas e Renováveis da Universidade Federal da Paraíba
(CEAR/UFPB)
malucoelhocavalcanti@gmail.com

RESUMO

A cobertura vegetal da Paraíba encontra-se altamente antropizada por conta da exploração agrícola e de lenha para energia. O geoprocessamento é importante para entender a estrutura e a dinâmica da cobertura vegetal em várias escalas temporais e espaciais. A área de estudo foi a mesorregião do Sertão Paraibano, onde as chuvas são mal distribuídas durante o ano. Este trabalho teve como objetivo mostrar o papel de técnicas de processamento digital de imagens não supervisionadas para análise multitemporal da degradação ambiental no estado da Paraíba. A metodologia baseou-se na análise temporal de imagens orbitais TM/ *Landsat* – 5 para datas nos meses de setembro de 1998 e setembro de 2010 na mesorregião do Sertão Paraibano. As imagens foram obtidas a partir do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), sendo utilizadas classes vegetacionais rala, semidensa e densa. Os resultados indicaram temperatura e precipitação diretamente relacionadas com o quantitativo de cobertura vegetal observado a partir das diferentes classes. O aumento da classe rala é um dado preocupante, pois evidencia os níveis de degradação que podem gerar núcleos de desertificação no bioma. A ferramenta de geoprocessamento utilizada neste trabalho demonstrou potencial para análise espacial de áreas vegetais, podendo ser usada para estudos futuros sobre a dinâmica da área.

PALAVRAS-CHAVE: satélite, processamento digital, geoprocessamento.

1. INTRODUÇÃO

Com o avanço da biotecnologia foi possível perceber que quanto maior a biodiversidade de um país, maior o seu potencial de produção e, consequentemente, de desenvolvimento econômico. O Brasil é um país que sofre intensa procura pela biodiversidade como recurso natural, pois é considerado um dos maiores países do planeta sendo, portanto, indispensável, a utilização racional desses recursos. Sendo assim, faz-se necessário compreender a definição desse termo.

Biodiversidade pode ser compreendida como a versatilidade de seres vivos de todas as origens, englobando ecossistemas marinhos, terrestres, complexos ecológicos, entre outros, podendo ainda ser compreendida como a diversidade entre espécies e de ecossistemas, relacionada a todos os recursos vivos na Terra, podendo agregar valor, dependendo da necessidade humana (COELHO, 2014).

As áreas com exploração indiscriminada dos recursos naturais sem nenhuma preocupação conservacionista vêm sofrendo a redução da fertilidade do solo, ocasionando a perda de áreas naturais, gerando a redução da composição e da diversidade das comunidades e criando locais estruturalmente pobres. A degradação dos recursos naturais gera, além de impactos ambientais, efeitos socioeconômicos, podendo comprometer a produção de alimentos, aumentar os gastos para recuperar a eficiência produtiva e extinguir espécies nativas.

Uma ferramenta bastante empregada para oferecer o desenvolvimento econômico vinculado à conservação ambiental é, portanto, o planejamento ambiental, que busca organizar o território de acordo com suas características bióticas e abióticas. A supervisão dos recursos naturais é de responsabilidade multidisciplinar e deve conter o envolvimento de todas as áreas de atividades com o meio físico, incluindo administrações públicas e privadas (CONCEIÇÃO, 2004).

Técnicas voltadas para um planejamento racional dos recursos naturais, como inventários e manejos sustentáveis são cada vez mais necessárias, pois com o aumento da necessidade desses recursos, atrelado à sua rápida exploração, vem aumentando gradativamente os índices de degradação em escalas local, regional, nacional e global, gerando empobrecimento, erosões e compactação dos solos, além de diminuir os níveis socioeconômicos e tecnológicos da população rural (RIBEIRO; CAMPOS, 2007).

Uma das ferramentas frequentemente utilizadas no Brasil para levantamento de recursos naturais em grandes extensões é o sensoriamento remoto, que proporciona o monitoramento do meio ambiente para benefício de desenvolvimento econômico e social (PINTO, 2001). Atualmente, o problema dos altos custos em relação aos levantamentos de campo pode ser resolvido através da captação das imagens obtidas nos sensores remotos, como, por exemplo, os do satélite LANDSAT e do satélite SPOT, entre outros (RIBEIRO; CAMPOS, 2007).

Um dos fatores para retirada da cobertura vegetal é a sua utilização como fonte de energia alternativa, ocasionada pelo aumento da produção de alguns setores da indústria, como produção de ferro-gusa e cerâmica vermelha, que resulta da demanda pelos produtos, buscando atingir alto nível de qualidade e viabilizando a exportação (FERREIRA, 2012).

Devido à intensa degradação dos recursos naturais nas últimas décadas, a humanidade começou a perceber o reflexo dos danos, mostrando que a problemática ambiental deve ser compreendida de forma holística e integrada.

O processo de degradação ambiental, seja por mudanças climáticas globais ou por ação antrópica local, tende a aumentar na medida em que as áreas de cobertura vegetal sofrem exploração para retirada de madeira ou para práticas agrícolas, deixando os solos desprotegidos, pois se acredita que o clima local mude a partir das transformações do uso e ocupação do solo, sendo, portanto, necessária a criação de uma base de dados que dê fundamento à realização de projetos que busquem mitigar os processos erosivos provocados pela utilização indiscriminada dos recursos naturais.

Este trabalho teve como objetivo estimar as transformações nas séries temporais de fitofisionomias ou alteração nas classes de vegetação nativa e de uso da terra na mesorregião do Sertão Paraibano, no estado da Paraíba, utilizando imagens do *Landsat* TM 5, visando verificar a real situação da cobertura vegetal e da possível degradação do local.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O bioma Caatinga é um grande conjunto de arbustos espinhosos e florestas sazonalmente secas que cobre a maior parte dos estados nor-

destinos – Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia – e a parte nordeste de Minas Gerais, no vale do Jequitinhonha. Ocupando uma área de aproximadamente 844 453 km² (IBGE, 2012), este ecossistema apresenta uma formação heterogênea, com a presença de espécies endêmicas, relacionadas à cerca de sete a 18 gêneros, incluindo até 318 espécies (SILVA, 2004), com recursos biológicos diversificados e grande adaptação às condições extremas de clima e solo, como a região semiárida. É o único bioma exclusivamente brasileiro.

Segundo Sampaio (2003), a Caatinga sofre grande irregularidade climática, com limites meteorológicos extremos, [altas temperaturas (25 °C a 30 °C), elevados valores de insolação, altas taxas de evapotranspiração e baixos índices de precipitação de água de chuva (500 mm a 700 mm anuais). Com isso, grande parte da vegetação é caducifólia, com folhas decíduas ou caducas, que caem na época seca em virtude da falta de água.

Nas áreas semiáridas, a Caatinga está sempre relacionada a uma visão de improdutividade; sua vegetação encontra-se altamente ameaçada, pois está correlacionada ao grande fornecimento de recursos madeireiros combustíveis para construção civil e para fins medicinais. Esse uso intenso acarreta uma esparsa distribuição de algumas espécies, demonstrando a necessidade de buscar alternativas de conservação das áreas remanescentes. Segundo Leal et al. (2005), a Caatinga arbórea está cada vez mais rara, tornando-se cada vez mais fragmentada e esparsa e com cerca de 40% de sua área modificada por ação humana.

O ritmo acelerado, nas últimas décadas, da utilização dos recursos naturais da Caatinga, seja ela relacionada ao extrativismo vegetal, à agropecuária, à agricultura de subsistência, à pecuária extensiva ou à construção de barragens, por exemplo, atrelada à grande falta de conhecimento sobre o bioma poderá levar à diminuição da cobertura vegetal nativa, gerando um processo irreversível de degradação (SOUZA, 2009).

As atividades humanas e a evolução natural vêm contribuindo de forma contínua para a alteração dos recursos naturais e do meio ambiente. Para analisar esse fenômeno, se faz necessário compreender uma série de dados das escalas temporal e espacial. As técnicas de sensoriamento remoto são as ferramentas mais efetivas e econômicas para

adquirir as informações necessárias para monitorar e modelar essas ocorrências, principalmente em grandes extensões de terra, como o estado da Paraíba (SILVA, 2011).

O uso dessa ferramenta promove a identificação do terreno e suas características, como o uso e a ocupação dos solos, os atributos topográficos e a identificação das áreas ecologicamente interessantes. Essas características são indispensáveis para a melhor programação do desenvolvimento regional/urbano e, consequentemente, para o melhor uso do solo, promovendo, assim, a manutenção de áreas ambientalmente protegidas.

O sensoriamento remoto é uma ferramenta que utiliza informações coletadas por meio da radiação eletromagnética de objetos ou fenômenos da superfície terrestre através de sensores, sem a necessidade de contato direto. Atualmente, é bastante utilizado para levantamento de dados da superfície terrestre, seja ele em escala global, regional ou local, além da sua utilização em avaliação periódica, auxiliando o monitoramento das características terrestres (MENESES; ALMEIDA, 2012).

A série de satélites *Landsat* foi desenvolvida pela *National Aeronautics and Space Administrarion* (NASA), tendo o primeiro lançamento ocorrido em 1972, com o nome original *Earth Resources Technology Satellite 1* (EARTHS-1). Em 1975, seu nome foi alterado para *Land Remote Sensing Satellite* (LANDSAT), gerando a sequência dos satélites 2, 3, 4, 5 e 7. Os satélites 5 e 7 são os únicos que continuam em operação, com grande importância para coleta de dados sobre os recursos da superfície terrestre (CONCEIÇÃO, 2004).

Os dados da série *Landsat* no Brasil ficaram disponíveis a partir de 1973, sob-responsabilidade do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), o qual ficou encarregado, a partir de 1974, pela recepção, processamento e distribuição dos dados no Brasil, gerando um acervo de dados históricos do País (INPE, 2016).

Os dois satélites da série *Landsat* em operação possuem dois imageadores, o *Thematic Mapper* (TM), com uma resolução espacial de 30 metros no *Landsat* 5, e o *Multispectral Scanner* (MSS), com uma resolução espacial de 80 metros no *Landsat* 7, com a diferença da adição da banda pancromática com resolução de 15 metros e o aumento da resolução espacial da banda termal para 60 metros. Os satélites têm o mesmo

período de imageamento, retornando à mesma área a cada 16 dias, recobrindo uma área de 185 km x 185 km (SILVA, 2011).

O sensoriamento remoto proporciona dados espaciais importantes, porém as imagens capturadas pelos sensores remotos têm geralmente resoluções grosseiras, reduzindo a diversidade espacial do uso e ocupação do solo e da cobertura vegetal. Para tornar essas imagens confiáveis, elas devem ser tratadas e interpretadas; entre essas formas, estão os índices de vegetação, proporcionando maior confiabilidade espacial e fundamentos temporais para o estudo da cobertura vegetal e de seu estado de degradação (LUCENA, 2014).

Os índices de vegetação utilizam a razão entre as bandas espectrais para reduzir grande parte dos defeitos multiplicativos encontrados, como: as sombras das nuvens; as modificações do relevo; as diferenças de iluminação através da radiação solar; e as condições atmosféricas. Esses índices possibilitam estudos espaciais e temporais da condição da vegetação, possibilitando o acompanhamento sazonal entre diferentes períodos e por longo intervalo de tempo..

O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (IVDN), conhecido como *Normalized Difference Vegetation Index*, em inglês, é utilizado especialmente em estudos de natureza ambiental, permitindo fazer análises, em várias escalas, da cobertura vegetal de determinado local (VELASCO et al., 2007).

Os índices de vegetação foram elaborados, entre outras finalidades, para tentar reduzir o trabalho de análise dos dados orbitais, por meio da ampliação das informações espectrais da cobertura vegetal no menor número de bandas de operação dos sensores, com o objetivo de destacar o comportamento espectral da vegetação em relação ao solo e a outros alvos da superfície terrestre (MOREIRA, 2001).

O IVDN é um guia sensível da quantidade e da situação da cobertura vegetal (OLIVEIRA et al., 2010). O cálculo do IVDN é efetuado com base na diferença entre as refletâncias das bandas 4 (infravermelho próximo) e 3 (vermelho visível) dividida pela soma das refletâncias dessas duas bandas.

O resultado varia de -1 a 1, de forma que quanto mais próximo do 1, maior será a indicação da presença de vegetação, e quanto mais próximo do -1, maior será a indicação da presença de solos descobertos e rochas (Figura 1).

Figura 1. Valores da razão entre as bandas do Infravermelho e Vermelho (NDVI).

Fonte: Poelking *et al.* (2007).

Na faixa do vermelho, a clorofila retém radiação eletromagnética do sol, causando baixa refletância. Entretanto, na faixa do infravermelho próximo, tanto a morfologia interna das folhas quanto a estrutura da vegetação ocasionam uma alta refletância da radiação eletromagnética solar incidente (LOURENÇO; LANDIM, 2004). Consequentemente, quanto maior o contraste, maior o vigor da vegetação na área imageada.

3. METODOLOGIA

As imagens utilizadas neste trabalho foram adquiridas no Catálogo de Imagens do banco de dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE (2016). Foram utilizadas imagens multiespectrais do satélite TM/*Landsat* 5, referentes à mesorregião do Sertão Paraibano:

- Órbita 216 e ponto 65. Datas de passagem 19/09/1998;
- Órbita 216 e ponto 64. Datas de passagem 19/09/1998;
- Órbita 215 e ponto 64. Datas de passagem 28/09/1998;
- Órbita 215 e ponto 65. Datas de passagem 28/09/1998;
- Órbita 215 e ponto 64. Datas de passagem 10/09/2010;
- Órbita 215 e ponto 65. Datas de passagem 10/09/2010.
- Órbita 216 e ponto 64. Datas de passagem 01/09/2010;
- Órbita 216 e ponto 65. Datas de passagem 01/09/2010.

Foram utilizados como suportes computacionais físicos e lógicos para representação do espaço físico geográfico territorial recursos de *hardware* (notebook e memória externa expansível – HD) e *software* (SPRING versão 5.2.7; IMPIMA versão 5.2.7; SCARTA versão 5.2.7; Microsoft Office Excel; e Microsoft Office Word).

A metodologia para a interpretação visual de imagens digitais teve como base o Método Sistemático desenvolvido por Veneziani & Anjos

(1982). Tal metodologia consiste na sequência de etapas lógicas e sistemáticas, que independem do conhecimento prévio da área e da utilização das chaves foto interpretativas.

A análise visual de imagens procedeu de um estudo comparativo entre as propriedades espectrais e a textura dos pixels que cada fenômeno espacial assume nas diversas cenas registradas, associando diferentes níveis de refletância aos diversos fenômenos. Assim, a identificação das unidades e/ou classes temáticas fundamentará o estudo dos diversos elementos de interpretação e, em seguida, a observação conjunta desses elementos (drenagem, relevo, tonalidade, textura fotográfica), sendo gerados os mapas de interpretação.

Para a escolha da imagem do satélite *Landsat* 5 na execução da atividade, foi considerado o fato desse produto ser o principal instrumento de trabalho na área de geoprocessamento no Brasil e no mundo, possuindo resolução espectral satisfatória e estando disponível com data de passagem atualizada no acervo de imagens de satélite.

Na quantificação da cobertura vegetal, foram utilizadas como plano de informação as Composições Multiespectrais Ajustadas (CMA) RGB, nas bandas 1 a 3, e IVDN, nas bandas 3 e 4. Já a caracterização dos elementos formadores dos níveis de degradação foi definida segundo as tonalidades de cinza e agrupada em zonas homólogas, conforme os níveis de degradação registrados nas imagens orbitais das bandas 3, 4 e 5.

Para este estudo, foram adotadas sete classes de medidas (vegetação densa, vegetação semidensa, vegetação rala, solo exposto, nuvem, sombra e água). As classes de cobertura vegetal mais críticas foram associadas às tonalidades de cinza mais escuras detectadas na banda 4 das imagens; já as classes mais preservadas e os níveis mais baixos foram associados às tonalidades de cinza mais claras. Os mapas finais das classes de cobertura vegetal das terras foram criados no software SCARTA do SPRING, versão 5.2.7.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados foram iniciados pela elaboração do mapa básico do estado da Paraíba, visando uma melhor identificação estrutural de cada mesorregião, incluindo os parâmetros de drenagem, limites das mesorregiões e rodovias (Figura 2).

Figura 2. Mapa digital das características estruturais do estado da Paraíba.

Com este estudo, foi possível a obtenção de mapas demonstrativos da situação da cobertura vegetal como, por exemplo, o IVDN; a composição multiespectral ajustada; e o mapa dos níveis de vegetação (Figuras 3, 4, 5, 6, 7 e 8).

A geração dos dados do índice de vegetação por diferença normalizada foi obtida a partir da aplicação das bandas do espectro eletromagnético vermelho e infravermelho próximo (COELHO et al., 2015); nas imagens do Sertão Paraibano, ficou evidente a diferenciação do comportamento da cobertura vegetal nos anos de 1998 (Figura 3) e de 2010 (Figura 4), levando em consideração os tons de cinza – a parte mais escura tende ao solo exposto e a parte mais clara, à cobertura vegetal.

As imagens de satélites são geradas a partir da radiação eletromagnética refletida nos alvos na superfície, que estão associados a tons de cinza. Quanto maior a energia refletida pelo alvo, maior será a resolução captada pelo sensor a bordo do satélite, discriminando um tom de cinza mais claro; caso contrário, quanto menor a energia refletida pelo alvo (a cobertura vegetal absorve parte da radiação eletromagnética), menor será a energia aferida pelo sensor, ficando esse alvo com tons de cinza mais escuros (SANTOS, 2013).

Figura 3. Mapa digital – Composição multiespectral ajustada.

Figura 4. Mapa digital – Composição multiespectral ajustada.
IVDN – Sertão Paraibano em 2010.

Após a segmentação da imagem, foram feitas análises comparativas das Composições Multiespectrais Ajustadas, pois o olho humano é mais sensível a cores do que aos tons de cinza, uma vez que é possível ver as cores devido à reflexão da energia seletiva, em diferentes bandas do espectro eletromagnético, nos alvos evidentes na superfície da Terra. Sendo assim, é possível verificar o comportamento dos alvos em estudo: vegetação, solo, nuvem, sombra e água.

Nas imagens das CMA (Figuras 5 e 6), verificam-se diferentes tons na cor verde, representando as classes de cobertura vegetal; a cor magenta representa as áreas de solo exposto; e a cor ciano representa a água.

Figura 5. Mapa digital – Composição multiespectral ajustada.
RGB-IVDN – Sertão Paraibano em 1998.

Figura 6. Mapa digital – Composição multiespectral ajustada.

A comparação da CMA permite observar o comportamento da cobertura vegetal para os períodos analisados, mostrando, precisamente, a situação da paisagem. Pode-se observar que ocorreu uma diminuição da área de solo exposto. Porém, ficou evidente que a cobertura vegetal apresentada está prejudicada, informação revelada pela grande quantidade de vegetação na classe rala. Coelho (2014) e Souza (2009) citam que a cobertura vegetal da Caatinga é alvo de desmatamento e queimadas, além de plantios de forma irregular, o que culmina com os altos índices de degradação ambiental.

Os mapas de distribuição das classes da cobertura vegetal (Figuras 7 e 8) exibem uma melhor demonstração das sete classes definidas na metodologia. As regiões antropizadas apresentam pigmentação que varia de magenta a branco, em razão da grande resposta do solo, sendo o branco relacionado a trechos de solo completamente expostos ou arenosos. Algumas regiões antropizadas mostram cor verde bem claro, relacionada a tipos característicos de culturas com folhagens adensadas, encontrando a fração de resposta do solo, na imagem, muito reduzida ou inexistente.

Essas informações possibilitam tanto as escolhas de possíveis áreas de conservação e/ou preservação como o monitoramento da cobertura vegetal em grandes áreas e de bacias hidrográficas.

Figura 7. Mapa digital das classes de cobertura vegetal do Sertão Paraibano em 1998.

Figura 8. Mapa digital das classes de cobertura vegetal do Sertão Paraibano em 2010.

Em toda a mesorregião ocorreu diferenciação nos valores das classes da cobertura vegetal (Figura 9). Os resultados demonstram aumento na classe densa e diminuição no solo exposto no ano de 2010 na comparação com o observado em 1998.

Figura 9. Evolução dinâmica das classes de vegetação no Sertão Paraibano entre 1998 e 2010.

5. CONCLUSÕES

O uso excessivo dos recursos naturais, com a finalidade de evolução da civilização, sobrevivência e vida confortável da população, gera um sistema de insustentabilidade. Por conta disso, a questão ambiental transformou-se em uma temática de importância global, demonstrando a necessidade de maior atenção para os impactos ambientais a partir da transformação da cobertura vegetal natural.

O desmatamento da vegetação do estado da Paraíba está relacionado ao uso da lenha como combustível nas olarias e panificadoras, dentro e fora do estado, e à pecuária extensiva, gerando grandes danos econômicos e sociais em toda cadeia produtiva do semiárido e contribuindo para a ocorrência da desertificação em algumas áreas.

O monitoramento das áreas com cobertura vegetal nativa é de extrema importância para manutenção dessa vegetação, para que não ocorra a substituição da vegetação nativa densa pela vegetação rala e/ou solo exposto, pois um solo desprovido de vegetação torna-se mais propício à degradação ambiental.

O IVDN demonstrou resultados aceitáveis tanto para um acompanhamento mensal ou em determinada época das modificações fenológicas da vegetação quanto na diferenciação do comportamento da vegetação natural e das outras classes de análise (reflorestamento, projetos de irrigação, culturas anuais, pastagem e corpos d'água).

A escala temporal de análise de cada mesorregião permitiu averiguar, entre os anos de 1998 e 2010, a variação no IVDN em relação à diferença no comportamento das diferentes categorias que, a depender dos valores de precipitação média e temperatura média, apresentam altos Índices de Vegetação ou sofrem com o período de estiagem.

A vegetação é considerada um alvo muito complexo, sendo necessárias análises mais precisas, considerando as várias mudanças ao longo do ano, seja na fenologia da vegetação ou em virtude de período sazonal. Porém, no presente trabalho, foi comprovada a eficiência do geoprocessamento por meio das imagens do TM/*Landsat* 5.

Nessas circunstâncias, as imagens do TM/*Landsat* 5 demonstraram ser um importante recurso para monitorar e estudar a vegetação em nível local, regional e global, contribuindo positivamente para estudos ambientais, por ser capaz de identificar mudanças climáticas, desmatamento, reflorestamento, uso e ocupação do solo por pastagens e atividades agrícolas.

Muito utilizados por serem gratuitos e adquiridos via *internet* de forma relativamente simples, os produtos *Landsat* apresentam alta capacidade de aplicação na caracterização e no levantamento de recursos naturais renováveis, pois sua resolução espacial de cerca de 30 metros oferece condições para identificar, quantificar, avaliar e acompanhar as modificações provocadas na estrutura fundiária do uso do solo e na rede viária.

A capacidade do sensoriamento remoto e geoprocessamento demonstrou grande utilidade para o monitoramento dos recursos naturais e uso e ocupação do solo, por conta de sua praticidade e rapidez, visando contribuir para as novas políticas públicas.

O estudo mostrou que levantamentos de dados de sensoriamento remoto no bioma Caatinga apresentam influência das variações da temperatura do ar e da precipitação, contribuindo diretamente na obtenção dos dados. Fica evidente a inegável necessidade de estudos multidisciplinares para melhor obtenção dos dados de sensoriamento remoto.

Com relação aos dados de precipitação e temperaturas média, mensal e anual, verificou-se a influência na cobertura vegetal dos perfis temporais do Índice de Vegetação, quando comparados em dois anos distintos (1998 e 2010), mantendo a variação semelhante nas mesorregiões estudadas.

Recomenda-se, para continuidade deste estudo, uma análise futura para empregar as séries temporais de IVDN na detecção da degradação ambiental relacionada ao uso e ocupação do solo em tempo quase real. Para tal, é fundamental a utilização de imagens de outros satélites com menor resolução espacial, para detectar os pixels de uma cena que está abaixo dos limites da imagem do *Landsat* 5.

REFERÊNCIAS

COELHO, I. A. M.; DUARTE, S. M. A.; COELHO, O. A. M. Estudo da dinâmica da cobertura vegetal no município de Floresta/PE através de processamento digital de imagens. **Revista GEAMA**, Recife, v.2, n.1, p. 7-24, set – 2015.

COELHO, I. A. M. **Geotecnologia como instrumento para o estudo da dinâmica da cobertura vegetal no município de Floresta/PE**. 38 f. Monografia (Especialização em Geografia) – Fundação de Ensino Superior de Olinda, Olinda. 2014.

CONCEIÇÃO, L. A. B. S. **Diagnóstico ambiental através do uso de técnicas de sensoriamento remoto como apoio para o planejamento de unidades administrativas:** o caso de Osório, RS. 72 f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2004.

FERREIRA, R. L. S. **Identificação e disposição final dos resíduos sólidos gerados na fabricação de cerâmica vermelha no vale do Assú/RN**. 66 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) – Departamento de Ciências Exatas, Tecnológicas e Humanas, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Angicos. 2012.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico da vegetação brasileira.** 2012. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv63011.pdf > Acesso em: 01/04/2016

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais . **Os satélites Landsat 5 e 7** (Divisão de Geração de Imagens). Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/Suporte/files/Cameras-LANDSAT57_PT.php>. Acesso em: 02/07/2016.

LEAL, I. R.; SILVA, J. M.; TABARELLI, M.; LACHER JR.; T. E. Mudando o curso da conservação da biodiversidade na Caatinga do Nordeste do Brasil. **Megadiversidade**, Belo Horizonte, v. 1, p. 139-146, 2005.

LOURENÇO, R.W.; LANDIM, P.M.B. Estudo da variabilidade do "Índice de vegetação por diferença normalizada/NDVI" utilizando krigagem indicativa. **Holos environment**, v.4, n.1, 2004, p.38-55.

LUCENA, A. P. **Uso do IVDN no estudo da degradação ambiental de bacias hidrográficas do litoral sul do estado da Paraíba**. 105 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. 2014.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. (Org.) **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Brasília: CNPq, 2012.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 250p. 2001.

OLIVEIRA, T. H. et al. Detecção espaço-temporal de estresse hídrico na vegetação do semi-árido no nordeste do Brasil utilizando NDVI e NDWI–Estudo de caso Serra da Capivara e Serra do Congo–PI. **VI Seminário Latino Americano de Geografia Física-II Seminário Ibero Americano de Geografia Física.** Universidade de Coimbra, 2010.

PINTO, D. F. **A Utilização do sensoriamento remoto e do geoprocessamento como ferramentas aplicadas às ciências da terra e do mar**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) – Departamento de Informática e Estatística, Tecnológicas e Humanas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2001.

POELKING, E. L.; LAUERMANN, A.; DALMOLIN, R. S. D. Imagens CBERS na geração de NDVI no estudo da dinâmica da vegetação em período de estresse hídrico. In: **XIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO**, 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: XIII SBSR, 2007. p. 4145-4150.

RIBEIRO, F. L.; CAMPOS, S.; Vulnerabilidade à erosão do solo da região do Alto Rio Pardo, Pardinho/SP. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 6, p.628–636, nov/dez 2007.

SAMPAIO, E. V. S. B. Caracterização da caatinga e fatores ambientais que afetam a ecologia das plantas lenhosas. **Ecossistemas brasileiros:** manejo e conservação. Fortaleza, Expressão Gráfica e Editora, p. 129-142, 2003.

SANTOS, A. R. **Apostila de Sensoriamento Remoto**. 1 ed. Espírito Santo: Universidade Federal do Espírito Santo, 2013.

SILVA, E. A. **Mapeamento do uso e cobertura vegetal do município de Floresta/PE**. 56 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. 2011.

SILVA, J. M. C. et al. **Biodiversidade da Caatinga:** áreas e ações prioritárias para a conservação. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 2004.

SOUZA, P. F. **Análise da vegetação de um fragmento de caatinga na microbacia hidrográfica do açude jatobá - Paraíba**. 51 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) – Universidade Federal de Campina Grande, Patos. 2009.

VELASCO, G. D. N. et, al. Aplicação do índice de vegetação NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) em imagens de alta resolução no município de São Paulo e suas limitações. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 2, n. 3, 2007.

VENEZIANI, P.; ANJOS, C.E. **Metodologia de interpretação de dados de sensoriamento remoto e aplicações em geologia**. São José dos Campos: INPE, 54 p. 1982.

4.2 IMPORTÂNCIA DA COBERTURA VEGETAL MORTA PARA INFILTRAÇÃO DE ÁGUA EM UM ARGISSOLO AMARELO EUTRÓFICO TÍPICO NA BACIA DO ALTO IPANEMA, EM PESQUEIRA, PERNAMBUCO

AGUIAR, Irivânia Fidelis da Silva
Graduanda
Departamento de Biofísica e Radiologia da Universidade Federal de Pernambuco (Biofísica/UFPE)
irivaniaf@hotmail.com

RODRIGUES, Joez André De Moraes
Mestrando
Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal Rural de Pernambuco (DEA/UFRPE)
joezandre@hotmail.com

SILVA, Mayara Paula de Lima
Graduanda
Departamento de Biofísica e Radiologia da Universidade Federal de Pernambuco (Biofísica/UFPE)
maay_lima12@hotmail.com

SOUZA, Thais Emanuelle Monteiro dos Santos
Doutora
Departamento de Biofísica e Radiologia da Universidade Federal de Pernambuco (Biofísica/UFPE)
thaisemanuelle@hotmail.com

RESUMO

A região semiárida do Brasil é conhecida pelas limitações físicas decorrentes do clima. Essa região apresenta chuvas escassas e irregulares, sendo a água fator limitante, o que resulta na escassez da vegetação. Suas áreas sofrem sérios danos devido ao mau uso do solo, pois as práticas agrícolas findam na retirada total da cobertura vegetal, deixando os solos expostos às ações das chuvas e, consequentemente, provocando o desprendimento das partículas e entupimento dos poros, dificultando o processo de infiltração da água no solo. Assim, o objetivo principal deste trabalho foi analisar a importância da cobertura vegetal no processo de infiltração de água em um Argissolo Amarelo Eutrófico Típico na Bacia do Alto Ipanema, em Pesqueira, Pernambuco, sob diferentes coberturas. Para os testes, foi utilizado um simulador de chuva com 3 metros de altura em relação ao solo, motor eletrônico que realiza movimentos oscilatórios e bico aspersor tipo Veejet 80-100, com intensidade de 54,01 mm/h e duração de 30 minutos. Foram feitas três aplicações de chuva de 0h, 24h e 48h, com quatro repetições, sem cobertura (SC) e com cobertura (CS) morta. A taxa de infiltração foi determinada pelo volume da enxurrada coletado na extremidade da calha coletora, que subtraído pela intensidade da chuva em mm/h obtém-se os valores médios da infiltração.

PALAVRAS-CHAVES: Chuva Simulada, Conservação de água no solo, Manutenção dos resíduos vegetais

1. INTRODUÇÃO

O semiárido brasileiro apresenta limitações físicas, como o clima; a distribuição das chuvas durante o ano é irregular, durando, em média, três a quatro meses, sendo insuficiente para as necessidades da população. Além disso, o semiárido possui solos rasos e pouco desenvolvidos, com grandes áreas de encosta e altas taxas de evapotranspiração devido às altas temperaturas, ocasionando perda de água.

A utilização de cobertura vegetal morta pode contribuir para prática sustentável de manejo e uso do solo, sendo de fácil utilização e baixo custo, além de proporcionar resultados significativos para a retenção de água da chuva, favorecendo a preservação das características físicas e químicas do solo e contribuindo para o desenvolvimento das plantações (TOMAZ, 2015).

A cobertura morta por restos residuais de vegetais apresenta grande importância para a manutenção da água no solo, pois ela ajuda a manter a integridade física e química do solo, preservando sua estrutura e servindo como barreira física para a diminuição da ação de impacto causada pela gota da chuva – que tem a capacidade de alterar sua superfície de forma a desprender grandes quantidades de partículas, as quais são carregadas e depositadas nas áreas mais baixas do terreno – e para a diminuição da velocidade do escoamento superficial, responsáveis pela perda de solo e, consequentemente, pela erosão hídrica (EDUARDO et al., 2013).

A ausência da cobertura vegetal pode provocar sérios danos ao solo, alterando suas características físicas, como: rugosidade, compactação, porosidade, entre outras, e interferindo fortemente no processo de infiltração de água e, consequentemente, alterando o ciclo hidrológico (BRANDÃO et al., 2006).

Para o sucesso de uma agricultura equilibrada, é necessário entender os principais causadores da degradação do solo, a dinâmica da região, as características do solo, bem como a suscetibilidade à desagregação. Esses fatores contribuem para o uso e o manejo adequado desse recurso.

O presente trabalho teve como objetivo analisar de forma quantitativa a infiltração de água no solo e o comportamento do escoamento superficial em um Argissolo Amarelo Eutrófico Típico na Bacia do Alto

Ipanema, no município de Pesqueira, em Pernambuco, a partir de dois aspectos: sem cobertura (SC) e com cobertura (CC).

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A região semiárida do Nordeste apresenta um ambiente de contrastes e com grandes mudanças durante o ano. A exploração do solo de forma insustentável torna a água um recurso escasso, comprometendo a produção de alimento e a subsistência da população (ANDRADE et al., 2010). Com solos rasos e com pouca capacidade de reter água, o semiárido possui grandes limitações, pois apresenta alta fragilidade e variabilidade temporal e espacial (SANTOS et al., 2011).

A região semiárida está inserida na unidade geoambiental do Planalto da Borborema, sendo uma área com grandes declividades. É sabido que a topografia é um dos fatores importantes para a perda de água por escoamento, pois quanto maiores a declividade e as áreas de encostas do terreno, menor é o tempo para a água infiltrar no solo, sendo carregada pela força da gravidade para a parte mais baixa da bacia hidrográfica (OLIVEIRA et al., 2013).

A chuva é um dos fatores climático mais importantes com relação à erosão, pois a ação negativa acontece a partir da interrupção da estabilidade adquirida ao longo do tempo entre o solo, a vegetação e os organismos do solo, em geral pela intervenção do homem (MELLO et al., 2012).

A infiltração de água no solo é um dos processos que faz parte do ciclo hidrológico. De acordo com Pruski (2006), parte da chuva, ao se precipitar, é absorvida pelas plantas e, por meio da evapotranspiração, retorna à atmosfera; a outra parte, porém, penetra no solo por meio dos poros ali existente.

O escoamento superficial está relacionado ao deslocamento da lâmina d'água sobre a superfície do solo e representa um importante papel no processo erosivo por remover partículas do solo, ocasionando a erosão hídrica (GRIEBELER et al., 2001)

A ausência da cobertura vegetal torna a camada superficial vulnerável à ação da chuva: o impacto causado pela gota da chuva sobre o solo desprende as partículas, por meio do processo de desagregação, que são carregadas pelo escoamento e depositadas sobre o solo formando

um selo, reduzindo a capacidade de infiltração de água no solo (ROSA et al., 2013).

De acordo com Santos et al. (2009), o uso da cobertura vegetal contribui fortemente para a redução do escoamento superficial em diferentes velocidades, aumentando a infiltração de água no solo; além disso, reduz as taxas de erosão hídrica provocada pelo arraste da velocidade do escoamento superficial (MONTENEGRO et al., 2013).

3. METODOLOGIA

A localização da área de estudo é a Bacia do Alto Ipanema, pertencente ao município de Pesqueira, no Agreste pernambucano, cujas coordenadas são: latitude – 08°21'28''S (Sul) e longitude – 36°41'45''W (Oeste). A região possui área de 1036,45 m², altitude de 654 metros acima do nível do mar e população de 62 931 habitantes, de acordo com IBGE (2010).

Pesqueira apresenta vegetação hiporxerófila, com espécies herbáceas a arbórea-arbustivas, que perdem as folhas em período de estiagem. De acordo com a classificação de Köoper, o clima é do tipo BSw'h' (Semiárido Quente), com temperatura média anual de 23 °C, evapotranspiração média anual de 2000 mm e precipitação de 607 mm (MONTENEGRO; MONTENEGRO, 2006).

Para análise das características físicas e classificação do solo (granulometria, densidade do solo e densidade de partículas), foram coletadas amostras deformadas (utilizando o trado Holândez) e indeformadas (utilizando o Cilindro de Uhland) em cinco pontos aleatórios localizados próximos às parcelas, em profundidade de 0 cm a 20 cm.

Em seguida, as amostras foram levadas para laboratório, colocadas para secar ao ar livre e peneiradas em peneira de 2 mm, dando início aos testes de caracterização física do solo. Para isso, foram utilizados os seguintes métodos: densímetro (granulometria); anel volumétrico (densidade do solo); e balão volumétrico (densidade de partículas).

Para o experimento, foram construídas quatro parcelas metálicas com 1 m de largura, 3 m de comprimento e 25 cm de altura. Utilizou-se um simulador de chuva com 3 m de altura, apoiado a quatro pés em tubos de aço removíveis, com um motor de sistema eletrônico que produz movimentos oscilatórios, funcionando com um bico aspersor

Veejet 80-100 (Figura 1). Para alimentar o simulador, foi necessária a instalação de uma bomba submersa e de uma caixa d'água com capacidade de 1000 L (SANTOS, 2008).

Figura 1. Parcela experimental e simulador de chuva utilizados na pesquisa.

Fonte: Aguiar (2018).

Foram aplicadas chuvas de 30 minutos e intensidade de 54,01 mm/h em três tempos diferentes – 0h, 24h e 48h –, com quatro repetições cada chuva em solos descobertos e solos cobertos, utilizando o capim Brachiaria com densidade de 3 Mg ha^{-1}.

O escoamento superficial foi obtido com base no tempo em que o escoamento percorreu a parcela experimental a partir de dois pontos fixos a 2 m de distância um do outro, utilizando uma pisseta com corante azul. Para isso, foi cronometrado o tempo gasto que o corante levou para percorrer do ponto A ao ponto B. O teste da velocidade do escoamento foi realizado no mesmo instante em que ocorreu a coleta do volume do escoamento superficial em intervalo de 3 min durante a aplicação da chuva de 30 minutos.

Os valores obtidos foram multiplicados por um fator de correção (a=2/3) para, assim, estimar a velocidade média do escoamento em m s^{-1}. Em seguida, foi analisada a viscosidade da água, utilizando a seguinte equação:

$$v = (1{,}14 - 0{,}031\,(t - 15) + 0{,}00068\,(t - 15)^{2})x\,10^{-6}$$

Em que v = viscosidade cinemática da água ($m^2\ s^{-1}$) e t = temperatura da água em °C.

Para obter os valores de Reynolds, utilizou-se a seguinte equação:

$$Re = \frac{V.h}{v}$$

Onde Re é o número de Reynolds; V = velocidade média do escoamento (m/s^2); v = viscosidade cinemática da água ($m^2\ s^{-1}$); e h = altura da lâmina do escoamento.

Para obter o valor de Froud, utilizou-se a seguinte equação:

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g.h}}$$

Onde Fr = número de Froude, adimensional; V = velocidade média do escoamento (m/s^2); g = aceleração da gravidade (m/s^2); e h = altura do escoamento.

Com os resultados obtidos pelas equações de Reynolds e Froud, foram identificadas as características do regime do escoamento pela simulação das chuvas (Figura 2).

Figura 2. Classificação do escoamento superficial a partir dos valores de Reynolds e Froud.

Fonte: Tomas (2015).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nas análises das características físicas do solo estudado, foi observado que a maior parte da composição granulométrica é composta de areia (71,54%), seguida por silte (14,58%) e, por último, argila (13,38%). A classificação textural é franco-arenoso, sendo considerado um solo arenoso, o qual requer mais atenção por ser suscetível aos processos de erosão.

A Densidade do solo (Ds) foi de 1,65 g/cm³. Para solos arenosos, esse valor varia de 1,2 g/cm³ a 1,9 g/cm³, significando que o solo estudado se encontra dentro dos padrões para esse tipo de solo. A Densidade de partícula (Dp), 2,53g/cm³, encontra-se também dentro dos valores esperados, que representa a composição química e mineralógica.

Na Tabela 1 podem ser observados os valores de Reynolds e Froud para os dois tratamentos (SC e CC) nos três tempos de aplicação da chuva. Os valores de Reynolds, para os dois tratamentos, apresentaram valores menores que quinhentos (<500); já os de Froud foram menores que um (<1). Isso significa que a classificação do escoamento superficial para todas as chuvas é laminar lento. De acordo com os estudos realizados por Santos (2006), essa classificação pode causar erosão laminar entressulcos.

Tabela 1: Valores médios de Reynolds e Froud nos tempos de 0h, 24h e 48h para os dois tratamentos.

Tempo de Aplicação da Chuva	Reynolds		Froud	
	SC	CC	SC	CC
0h	62,190	36,088	0,074	0,048
24h	66,221	58,005	0,105	0,045
48h	77,741	70,799	0,129	0,041

Fonte: Aguiar (2018).

A Figura 3 mostra os valores médios da taxa de infiltração de água no solo nos tempos de 0h, 24h e 48h. Os maiores valores de infiltração de água no solo aconteceram nas chuvas de 0h para os dois tratamentos (SC e CC). No tratamento SC na chuva de 0h, a infiltração de água no solo foi de 17,24 mm/h; já no tratamento CC, a infiltração foi de 34,90 mm/h, uma diferença de 17,66 mm/h.

Isso mostra que, no tratamento CC, a presença da palha favoreceu o aumento da taxa de infiltração de água no solo (67,28%). Quando comparada ao tratamento SC, essa taxa foi de 32,72% – quase metade do valor CC.

Figura 3. Infiltração de água no solo

Fonte: Aguiar (2018)

Ainda na Figura 3, observa-se que os valores da infiltração de água no solo das chuvas de 24h e 48h diminuíram a cada aplicação das chuvas. Esse resultado deve-se à ação do impacto da gota da chuva sobre o solo, que causa alteração na superfície, dificultando a entrada de água.

Nas chuvas de 24h, o tratamento SC apresentou infiltração de 14,94 mm/h e o CC, de 18,45 mm/h. Porém, nas chuvas de 48h, o tratamento SC apresentou infiltração de 8,73 mm/h e o CC, de 16,14 mm/h. Percebe-se que, mesmo com a ação da chuva, o tratamento CC apresenta maiores taxas de infiltração de água solo, comparado ao SC.

Na Figura 4, observa-se o tempo inicial do escoamento superficial para os dois tratamentos nos três tempos de chuvas. No tratamento SC, percebe-se que o tempo inicial do escoamento superficial a cada chuva diminuiu: na chuva de 0h, o tempo foi de 5min11seg; na de 24h, foi de 2min28seg; e na de 48h, 2min04seg. Isso ocorre devido ao impacto causado pela gota da chuva no solo, que ocasiona a desagregação das partículas, as quais são carregadas pelo escoamento superficial e depositadas, ocasionando o entupimento dos poros, o que dificulta a entrada da água no solo. Assim, com a redução da infiltração da água no solo ocorre, consequentemente, o aumento do escoamento superficial, o que influencia na velocidade.

Figura 4. Tempo inicial do escoamento superficial para as chuvas de 0h, 24h e 48h.

Fonte: Aguiar (2018)

No tratamento CC, o tempo médio do escoamento superficial aconteceu de forma tardia, quando comparado ao SC. Na chuva de 0h, o tempo inicial ocorreu em 6min 12seg, e nas chuvas de 24h e 48h, permaneceu constante, sendo de 5min 22seg. Esses resultados são decorrentes da presença da cobertura morta sobre a superfície do solo, pois ela impede que o escoamento superficial corra livremente na parcela, servindo como barreira e possibilitando que a lâmina d'água permaneça mais tempo sobre o solo, contribuindo para o processo de entrada de água.

A cobertura morta protege o solo contra a ação da gota da chuva dissipando o impacto causado sobre o solo, diminuindo a desagregação, transportando e depositando partículas e, consequentemente, desenvolvendo o selamento superficial.

5. CONCLUSÕES

O tratamento com cobertura apresentou as maiores taxas de infiltração, quando comparado ao tratamento sem cobertura. A classificação do escoamento superficial foi laminar lento, responsável por causar erosão entressulcos. O tempo inicial do escoamento superficial foi diminuindo a cada chuva no tratamento SC; já no tratamento CC, o tempo inicial foi mais tardio e constante a cada chuva. A presença de cobertura vegetal morta diminuiu as alterações causadas pela ação da chuva na superfície do solo, contribuindo para infiltração de água.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, E. M.; PEREIRA, OSMAR, J.; DANTAS, ROCHA, F. E. **Semiárido e o manejo dos recursos naturais**. Fortaleza: Imprensa Universitária - UFC, v.1, p.396, 2010.

BRANDÃO, V. S.; CECÍLIO, R. A.; PRUSK, F. F. & SILVA, D. D. **Infiltração de água no solo**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, P. 120, 2006.

EDUARDO, E. N. et al. Erodibilidade, fatores cobertura e manejo e práticas conservacionistas em argissolo vermelho-amarelo, sob condições de chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 3, p. 796–803, 2013.

GRIEBELER, N. P.; PRUSKI, F. F.; MARTINS JÚNIOR, D.; SILVA, D. D. Avaliação de um modelo para a estimativa da lâmina máxima de escoamento superficial. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, p.411-417, 2001.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo 2010**. Acesso em 27 de Novembro de 2018.

MELLO, C. R.; VIOLA, M. R.; CURI, N.; SILVA, A. M. Distribuição espacial da precipitação e da erosividade da chuva mensal e anual no Estado do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.36, p.1878-1891, 2012.

MONTENEGRO, A. A. A.; MONTENEGRO, S. M. G. L. Variabilidade espacial de classes de textura, salinidade e condutividade hidráulica de solos em planície aluvial. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, p.30-37, 2006.

MONTENEGRO, A. A. A.; ABRANTES, J. R. C. B.; LIMA, J. L. M. P.; SINGH, V.P.; SANTOS, T. E. M. Impact of mulching on soil and water dynamics under intermittent simulated rainfall. **Catena**, v.109 p.139–149, 2013.

OLIVEIRA, Z. B.; CARLESSO, R.; MARTINS, J. D.; KNIES, A. E.; SANTA, C. D. Perdas de água por escoamento superficial a partir de diferentes intensidades de chuvas simuladas. **Irriga**, v.18, n.3, p.415-425, 2013.

PRUSKI, F.F. **Conservação do solo e água:** Práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica. Viçosa, UFV, p.240, 2006.

ROSA, J. D.; COOPER, M.; DARBOUX, F.; MEDEIROS, J. C. Processo de formação de crostas superficiais em razão de sistemas de preparo do solo e chuva simulada. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa. v.37, p.400-410, 2013.

SANTOS, T. E. M. dos et al. Erosão hídrica e perda de carbono orgânico em diferentes tipos de cobertura do solo no semi-árido, em condições de chuva simulada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 2, p. 11, 2008.

SANTOS, T. E. M. **Avaliação de técnicas de conservação de água e solo em bacia experimental do semi-árido pernambucano**. 60p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE, 2006.

SANTOS, T. E. M.; MONTENEGRO, A. A. A.; PEDROSA, M. E. R. Características hidráulicas e perdas de solo e água sob cultivo do feijoeiro no semiárido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.13, p.217–225, 2009.

SANTOS, T. E. M.; MONTENEGRO, A. A. A.; SILVA D. D. Umidade do solo no semiárido pernambucano usando-se reflectometria no domínio do tempo (TDR). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental,** Campina Grande, v.15, p.670-679. 2011.

TOMAZ, L. D. S. M. **Impacto da gota de chuva nas perdas de solo para um Argissolo da região semiárida de Pernambuco**. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas/Ciências Ambientais). Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, p.35, 2015.

4.3 ANÁLISE AMOSTRAL QUALI-QUANTITATIVA DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO ESTUÁRIO DO RIO CAPIBARIBE, EM PERNAMBUCO

NASCIMENTO, Regina Célia Macêdo do
Mestranda
Departamento de Biologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (DB/UFRPE)
nascimento.regina@live.com

CRUZ, Renata Carolina Maria da
Graduanda
Departamento de Biologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (DB/UFRPE)
rcm.cruz@hotmail.com

GUILHERME, Betânia Cristina
Doutora
Docente da Universidade Federal Rural de Pernambuco (DB/UFRPE)
betaguilherme@yahoo.com.br

RESUMO

O estuário do rio Capibaribe apresenta diversos aspectos importantes, sejam eles econômicos, sociais ou ambientais. Porém, no decorrer dos anos, esse estuário vem sofrendo com atividades antrópicas. Toda poluição presente no rio Capibaribe é gerada devido ao aumento da população, que cada vez mais explora o uso dos recursos hídricos. O presente estudo teve como objetivo analisar quali-quantitativamente os resíduos sólidos presentes na margem direita do rio Capibaribe, nas proximidades da Ponte Duarte Coelho. Foram realizadas coletas no mês de junho de 2018, utilizando cinco parcelas de 20 m² equidistantes a 10 m, sendo possível quantificar e classificar os resíduos quanto ao seu material primário. Foram encontrados 364 resíduos plásticos, 29 alumínios, 27 vidros e 13 borrachas. Ao obter os resultados, foi constatado que, além da poluição oriunda do corpo d'água, existe, também, a falta de educação ambiental da população, uma vez que as parcelas estavam próximas a lixeiras e, ainda assim, foram encontrados resíduos de saco de pipoca e picolés diretamente jogados nas margens do rio. Com o resultado desse estudo, cria-se um alerta acerca da poluição local; deve-se intensificar ações de educação ambiental pela cidade do Recife, além de promover melhorias no gerenciamento dos resíduos e monitoramento da qualidade ambiental.

PALAVRAS-CHAVE: plástico, educação ambiental, poluição.

1. INTRODUÇÃO

Os ambientes estuarinos sofrem frequentemente com a pressão antrópica, seja ela pelo adensamento populacional ou exposição a substâncias tóxicas provenientes de origem industrial, doméstica ou afins (ALONGI, 2008; ARIAS et al., 2007). Por muitas vezes, o estuário recebe uma contaminação acumulada no decorrer da bacia hidrográfica (DELLAMATRICE; MONTEIRO, 2014) que vem a refletir na sua qualidade ambiental. Fora o proveniente do decorrer do curso do rio, os estuários sofrem com a deposição de resíduos realizada diariamente pela população que faz uso da região.

A contaminação ambiental, em especial por resíduos sólidos, é uma das ações antrópicas mais preocupantes e ocorre devido ao descarte inadequado e à falta de planejamento dos governantes (COSTA; ALVES, 2017). A presença dos resíduos sólidos em zonas costeiras pode provocar fortes danos aos diversos organismos que fazem uso do ambiente, seja ele de forma residente ou visitante, além de alterar, de maneira geral os serviços ecossistêmicos (ARAÚJO, 2008).

Pesquisas relacionadas à contaminação por resíduos sólidos vêm cada vez mais ganhando espaço não só no Brasil, como no mundo, pelo fato de se tratar de uma ameaça crescente (COE; ROGERS, 2000; SANTOS et al., 2005; ARAÚJO, 2008; MOORE, 2008; CARMINATTO et al., 2017). Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo analisar quali-quantitativamente os resíduos sólidos presentes na margem direita do estuário do rio Capibaribe, nas proximidades da Ponte Duarte Coelho.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O desenvolvimento econômico, o crescimento populacional, a urbanização e a revolução tecnológica têm influenciado nas alterações no estilo de vida e nos modos de produção e consumo da população. Como decorrência direta desses processos, vem ocorrendo um aumento na produção de resíduos sólidos, tanto em quantidade quanto em diversidade, principalmente nos grandes centros urbanos. Além do acréscimo na quantidade, os resíduos produzidos atualmente passaram a abrigar em sua composição elementos sintéticos e perigosos aos

ecossistemas e à saúde humana, em virtude das novas tecnologias incorporadas ao cotidiano (FERREIRA; ANJOS, 2001; VELLOSO, 1995).

Em tempos mais recentes, a quantidade de lixo gerada no mundo tem sido bastante elevada e seu mau gerenciamento provoca graves danos ao meio ambiente e compromete a saúde e o bem-estar da população. Devido a isso, tem-se aumentado o interesse em estudar sobre os resíduos sólidos. Esse assunto tem se tornado tópico de debates em diversas áreas do conhecimento (CUNHA; CAIXETA FILHO, 2002; BARBIERI, 2016).

Podemos definir resíduos sólidos, de acordo com a NBR 10 004 (ABNT, 2004), como "Resíduos nos estados sólido e semi-sólido [sic], que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição". Segundo Schneider et al. (2000), resíduos sólidos são considerados como qualquer produto ou material que devido a sua inutilidade deve ser descartado, lançado o mais longe possível da visão e do olfato.

Os Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) são constituídos por resíduos de origem domiciliar, hospitalar e industrial. D'Almeida et al. (2000) definem-nos como sendo o conjunto de detritos gerados em decorrência das atividades humanas nos aglomerados urbanos. Entre os resíduos urbanos, destacam-se os de origem domiciliar; os de origem comercial; os decorrentes das atividades industriais e de prestações de serviços; os de serviços de limpeza pública urbana; os provenientes dos serviços de saúde; os restos da construção civil; e os gerados nos terminais de embarque e desembarque.

Com relação aos Resíduos Sólidos Domiciliares (RSD), verifica-se que os mesmos se apresentam diversificados quali-quantitativamente na sociedade. Apesar dessa diversificação, é comum o descarte inadequado na maioria das cidades brasileiras sem tratamento adequado, formando aterros a céu aberto (lixões) e contaminando o meio ambiente (COSTA et al., 2012).

A composição do lixo urbano é influenciada por diversos fatores, entre eles: condições socioeconômicas e hábitos da população de cada comunidade; desenvolvimento industrial; população flutuante (turismo) e sazonalidade; e número de habitantes, entre outros (JARDIM et al., 1995 apud OLIVEIRA, 1997; VIEIRA et al, 2000 apud MATTEI; ESCOSTEGUY, 2007; NOBREGA et al., 2007; LIMA, 1995 apud GOMES

et al., 2007). No Brasil, os resíduos sólidos urbanos constituem as seguintes categorias: matéria orgânica; papel e papelão; vidro; metais; plásticos; materiais têxteis; madeira; borracha; couro; e outros materiais não identificados (D'ALMEIDA et al., 2000).

Um dos ambientes que mais sofrem com a contaminação por resíduos sólidos são os ambientes costeiros, que cada vez mais estão resistindo à pressão do adensamento populacional e por *stress* externos (NASCIMENTO et al., 2018). Esses ambientes são poluídos a partir de múltiplas fontes (MATTHIESSEN; LAW, 2002; HUET et al., 2015) e são filtros naturais de sedimentos e metais pesados de fontes naturais e antrópicas, que são transportados por fluxos fluviais (PERILLO, 1995). Eles auxiliam na preservação das características de forças que atuam durante a sedimentação (DALRYMPLE, 1992) e assim possibilitam a quantificação de valores de *background* de metais pesados e compostos orgânicos em sistemas bióticos e abióticos (DE RODRIGUES; NALINI JÚNIOR, 2009).

Entre os ambientes costeiros, os sistemas estuarinos e fluviais estão entre os mais afetados por atividades antrópicas, recebendo frequentemente insumos poluentes de fontes de uso e pontuais, como águas residuais urbanas, industriais e agrícolas. Os estuários são especialmente vulneráveis a esses insumos, pois são sistemas semifechados que atuam naturalmente como armadilhas de sedimentos (CINDRIC et al., 2015; SCHETTINI et al., 2017; WOLANSKI et al., 2006).

O estuário do rio Capibaribe é um estuário tropical no Nordeste do Brasil, cuja poluição tem sido objeto de poucos estudos e a maioria deles diz respeito à sua porção sul, conhecida como o som do Pina (FERNANDES et al., 1999; MACEDO et al., 2007; MACIEL et al., 2015). É um importante estuário que flui através de uma das áreas mais densamente povoadas ao longo da costa leste da América do Sul e, apesar de sua importância social, econômica e ecológica, ele recebe um alto aporte de águas residuais urbanas (MACIEL et al., 2015; SCHETTINI et al., 2016a).

A poluição dos ambientes costeiros intensificou-se ao longo da trajetória da história humana. Esses ambientes abrigam aproximadamente 70% da população global, sendo o estuário do Capibaribe um exemplo dessa intensificação no uso humano de ambientes costeiros no Brasil, que historicamente se dá pela urbanização e por processos industriais desde 1630 e 1857, respectivamente (PONTUAL, 2001).

Toda essa poluição presente no rio Capibaribe é gerada devido ao aumento da população que, cada vez mais, explora o uso dos recursos hídricos (BIONE, 2009). De acordo com a Agência Estadual de Meio Ambiente - CPRH (2013), o estuário perdeu parte de suas áreas para a expansão urbana, além de desmatamentos e aterros urbanos, que acabam descaracterizando o ambiente. Os resíduos domiciliares, por sua vez, apontam grande diversidade qualitativa e quantitativa, e a maioria das cidades brasileiras realiza o seu descarte erroneamente, sem os devidos tratamentos (COSTA et al., 2012), refletindo no nível de sustentabilidade ecológica urbana (ZHIFENG, 2004). O conhecimento do que há nesses resíduos é fundamental para um bom gerenciamento; sua composição gravimétrica é aplicada como indicador de quantidade, fornecendo subsídios aos órgãos competentes de gestão (MELO et al., 2016).

3. METODOLOGIA

3.1 Área de estudo

O estuário do rio Capibaribe se localiza em área de zona urbana, entre as coordenadas 8°03'S/34°55'W, sendo considerado um ambiente com bastante dinamismo do ponto de vista hidrográfico, assim como alvo da ação das marés (TRAVASSOS, 1991). Sua bacia hidrográfica apresenta diversos aspectos importantes, seja econômico, social ou ambiental, que se destaca principalmente pelo seu estuário que está presente desde a colonização da cidade do Recife. Apesar disso, ao longo dos anos, esse rio vem sofrendo atividades antrópicas oriundas da industrialização, presença de esgoto doméstico e urbanização (NÓBREGA, 2011).

A bacia de drenagem do Capibaribe apresenta uma vazão do rio relativamente baixa com aproximadamente 20 m^3, podendo chegar a 3600 m^3 durante as inundações. A bacia inferior é dominada por plantações de cana-de-açúcar e atividades industriais relacionadas ao etanol. O estuário atravessa a cidade do Recife sendo protegido pelo Oceano Atlântico por uma barreira de recifes, além de apresentar uma vegetação costeira de regiões, o mangue (CPRH, 2015).

O clima do estuário é caracterizado como tropical úmido e quente, de acordo com a classificação de Köppen, com maiores precipitações entre março e agosto e períodos secos entre setembro e fevereiro. A pre-

cipitação média é de 2200 mm^{-1} e a temperatura média anual do ar é de 25,2 °C (SCHETTINI et al., 2016a). As marés regionais são mistas, principalmente semidiurnas, variando entre 1,0 m e 2,7 m durante os períodos de maré baixa e de primavera, respectivamente. A circulação estuarina é impulsionada principalmente pelas marés, com a influência da descarga do rio e da flutuabilidade apenas durante o período chuvoso. O estuário inferior apresenta uma estrutura de salinidade parcialmente mista, e a dinâmica do sedimento parece ser controlada pela interação entre correntes de maré e morfologia (SCHETTINI et al., 2016a). O estuário médio, onde ocorre a máxima turbidez estuarina (SCHETTINI et al., 2016b), está sujeito a uma maior influência da água doce.

3.2 Experimento para concentração de resíduos

Foram realizadas coletas no mês de junho de 2018, na margem direita do estuário do rio Capibaribe (Figura 1), nas proximidades da Ponte Duarte Coelho (8°03'47"S e 34°52'54"W) utilizando cinco parcelas de 20 m², equidistantes em 10m (IVAR DO SUL e COSTA, 2013); os resíduos presentes nas parcelas foram quantificados e analisados manualmente quanto à sua tipologia associada diretamente à sua origem (domiciliar, industrial, hospitalar e demais fontes). Com os dados obtidos, foram verificadas a abundância (Ni/N) e a densidade (Ni/A) dos resíduos ali presentes.

Figura 1. Localização do ponto de amostragem no estuário do rio Capibaribe

Fonte: Google Earth, 2018

Devido à região de estudo apresentar grande nível de pressão antrópica, os locais das parcelas foram estabelecidos de acordo com a presença de vegetação nas margens do rio, onde a densidade do mangue era maior.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao todo, foram registrados um total de 433 resíduos presentes nas cinco parcelas (Tabela 1). A presença de resíduos plásticos foi a mais significativa com 364 itens, seguida do alumínio (29), dos vidros (27) e dos elementos de borracha (13). O grande quantitativo de plástico pode ser associado à ação antrópica existente na região, pois as parcelas encontravam-se próximas a paradas de coletivos públicos, o que facilita a acumulação de resíduos.

Infelizmente, a predominância de resíduos plásticos em estuários ocorre em todo mundo, como relatado em Morritt et al. (2014), que realizaram uma análise ao estuário do Tâmisa (Inglaterra) onde foram encontrados 8490 objetos de composição plástica. Ao estudar ambientes costeiros na Austrália, Frost e Cullen (1997), através de observação embarcada, puderam verificar uma maior abundância relativa para a categoria plástico (4,96 itens/minuto), seguida da categoria outros (madeira, pneu – 0,51 itens/minuto). Sendo assim, os autores chegaram à conclusão de que o plástico aparece como o principal detrito encontrado em regiões costeiras.

Tabela 1. Quantitativo de resíduos obtidos em 100 m² do rio Capibaribe.

Tipo de resíduo	Abundância (%)	Densidade
Plástico	84	364
Alumínio	7	29
Vidro	6	27
Borracha	3	13

No que diz respeito à classificação dos resíduos, a grande maioria dos resíduos plásticos era de origem domiciliar; puderam ser observadas embalagens de alimentos rápidos, como pipoca, salgadinho e biscoito, além de garrafas de água fabricadas com material de politeref-

talato de etileno (PET), conforme Figura 2. Essa problemática também foi observada por Dris et. al. (2015), que constataram que os materiais plásticos eram provenientes de embalagens alimentícias e talheres descartáveis que chegavam aos rios por meio do descarte incorreto – a população chega às margens do rio e realiza o despejo do lixo –, devendo existir o envolvimento do poder público tanto na execução de ações para o recolhimento de resíduos quanto na fiscalização junto à população para que esse tipo de descarte seja evitado.

Nascimento (2018), ao realizar estudos no reservatório de Tapacurá, pertencente ao Rio Capibaribe, pôde encontrar diversidade similar à do presente trabalho com a forte presença de plástico, seguido de borracha. Em diferenciação ao presente estudo, Nascimento (2018) verificou a presença de isopor, tanto em pedaços inteiros quanto fragmentados.

Trabalhos como este são essenciais para o conhecimento de quais os principais itens com potencial de poluição em áreas costeiras. Com as informações obtidas, pode-se deixar *links* para o desenvolvimento de novos estudos que tratem de poluição e gerenciamento costeiro, além de associação com a saúde pública, pois o acúmulo de lixo afeta diretamente a saúde humana, como relatado por Garcia e Zanetti-Ramos (2004), que ressalta que a presença de resíduos em um ambiente, além de promover a perda da qualidade ambiental, pode transmitir doenças e, caso haja a existência de resíduos hospitalares, estes podem ainda favorecer a transmissão de doenças infecciosas.

Figura 2. Presença de resíduos plásticos na margem do estuário do rio Capibaribe.

Fonte: Renata Cruz, 2018.

Uma solução para a problemática de descarte de resíduos incorretos em regiões estuarinas é a efetivação de reciclagem, além da educação ambiental com a população. Segundo Dhokhikah e Trihadiningrum (2012), um grande fator que auxilia o desenvolvimento de países, a exemplo dos asiáticos, é o estabelecimento e fixação de programas de reciclagem, a utilização de técnicas para o reaproveitamento de descarte doméstico, além da reutilização de materiais a fim de obter novos que possam ser utilizados a cunho doméstico. Com essas atividades, a população passou a obter uma fonte de renda extra e/ou até mesmo principal, bem como a-melhoria no bem-estar de todos, pois uma cidade limpa sem lixo nas ruas e margens de rio proporcionam uma melhor sensação aos que ali vivem.

Por mais que existam iniciativas em relação a estudos e incentivos para o combate da contaminação de resíduos, essa temática ainda é uma problemática constante. Ghiani et al. (2012) destacaram que para que esse problema diminua significativamente, os gestores precisam ter um olhar especial para o gerenciamento de resíduos, pois o crescimento populacional acarreta no aumento do descarte de resíduos. Caso não ocorra um bom planejamento, a problemática se perpetuará por anos.

5. CONCLUSÕES

A problemática de contaminação por resíduos sólidos é uma preocupação atual, pois com o aumento da população, aumenta-se também o descarte e, na maioria das vezes, esse é inadequado. Consequentemente, os locais que apresentam um maior adensamento populacional (como no caso do estudo de concentrações de pessoas em paradas de coletivos públicos) apresentam, também, um maior acúmulo de resíduos.

Baseado nos resultados do presente estudo, percebe-se que o elemento plástico de origem doméstica é o principal resíduo encontrado nas regiões costeiras do rio Capibaribe, sendo ele proveniente de embalagens de alimentos rápidos. Os dados gerados neste estudo podem servir de alerta e serem utilizados para mitigar os impactos dessa contaminação e/ou até mesmo sanar este problema. Sendo assim, faz-se necessário um investimento contínuo de ações de limpeza urbana além de trabalhos relacionados a educação ambiental com a comuni-

dade local, pois, sem essas ações, não será eficaz o esforço proveniente de políticas públicas.

REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10004: **Resíduos sólidos**: **classificação**. Rio de Janeiro, 2004.

ALONGI, D. M. Mangrove forests: Resilience, protection from tsunamis, and responses to global climate change. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, 76: 1-13, 2008.

ARAÚJO, M.C.B. **Praia da Boa Viagem, Recife-PE:** análise socioambiental e propostas de ordenamento. Doutorado em Oceanografia, 320p., Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife, PE, Brasil, 2008.

ARAÚJO, M.C.B.; COSTA, M.F. Na analysis of the riverine contribution to the solid wastes contamination of an isolated beach at the Brazilian Northeast. **Management of Environmental Quality: An International Journal**, v. 18, n. 1, p. 6-12, 2008.

ARIAS, A. R. L; BUSS, D.F; ALBUQUERQUE, C; INÁCIO, A. F; FREIRE, M. M; EGLER, M. Utilização de Bioindicadores na Avaliação de Impacto e no Monitoramento de Contaminação de Rios e Córregos por Agrotóxicos. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 12, n.1, p.61-72, 2007.

BARBIERI, J. C. **Gestão ambiental empresarial**: conceitos, modelos e instrumentos. Editora Saraiva, 4º Edição, 312p, 2016.

BIONE, M. A. A.; DANTAS, R. M. L.; TAVARES, R. G.; ALBUQUERQUE, C. G.; SOARES, T. M.; SILVA, E. F. F. Poluição do rio Capibaribe por esgoto doméstico**. IX Jornada de ensino e pesquisa e extensão UFRPE**, Recife. 2009.

CARMINATTO, A.A.; MATUCK, C.; FARRABOTI, E.; ADAMI, F.A.C.; KLEIN, J.A.; SANTOS, M.G.F., BARELLA, W. Deposição dos resíduos sólidos em diferentes marés nas praias de Santos – SP, Brasil. **UNISANTA Bioscience**, v.6, n.4, p. 233-247, 2017.

CINDRIC, A.M., GARNIER, C., OURSEL, B., PIZETA, I., OMANOVIC, D. Evidencing the natural and anthropogenic processes controlling trace metals dynamic in a highly stratified estuary: the Krka River estuary (Adriatic, Croatia). **Marine Pollution Bulletin**, v. 9, 199–216, 2015.

COE, J. M.; ROGERS, D. B. **Marine Debris:** sources, impacts and solutions. Springer, New York. 432p., 2000.

COSTA, L. B.; ALVES, A. M. Contaminação de água por resíduos sólidos: uma perspectiva geomorfológica nos municípios de Dr. Severiano e Encanto – RN. **GeoTemas**, v.1, n.1, p.79-90, 2017.

COSTA, L. E. B., COSTA, S. K.; REGO, N. A. C.; SILVA JUNIOR, M. F. gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos domiciliares e perfil socioeconômico no município de salinas, minas gerais. **Revista Ibero –Americana de Ciências Ambientais**, Aquidabã, v.3, n.2, 2012.

CPRH - AGÊNCIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE. 2013. In: http://www.cprh.pe.gov.br

CPRH - AGÊNCIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE. 2015. In: http://www.cprh.pe.gov.br

CUNHA, V.;CAIXETA FILHO, J. V. Gerenciamento da coleta de resíduos sólidos urbanos: estruturação e aplicação de modelo não-linear de programação por metas. **Gestão e produção**, v. 9, p.143-161, 2002.

D'ALMEIDA, M. L. et al.. **Lixo municipal:** manual de gerenciamento integrado. 2 ed. São Paulo: CEMPRE, 2000.

DALRYMPLE, R.W. Tidal depositional systems. In: Walker, R.G., James, N.P. (Eds.), **Facies models-response to sea-level changes.** Geological Association of Canada, St. John's, Newfoundland, Canada, pp. 195–218, 1992.

DELLAMATRICE, P. M; MONTEIRO, R. T. R. Principais Aspectos da Poluição de Rios Brasileiros por Pesticidas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 12, p. 1296-1301, 2014.

DE RODRIGUES, A. S. L., NALINI JÚNIOR, H. A. Valores de background geoquímico e suas implicações em estudos ambientais. **Rem: Revista Escola de Minas,** v. 62, 155–165, 2009.

DHOKHIKAH, Y.; TRIHADININGRUM, Y. Solid waste management in Asian developing countries: challenge sand opportunities. **Journal of Applied Environmental and Biological Sciences**, v. 2(7), p. 329355, 2012.

DRIS, R.; GASPERI, J.; ROCHER, V.; SAAD, M. RENAULT, N.; TASSIN, B. Microplastic contamination in an urban area: a case study in Greater Paris. **Environment Chemistry**, v.12, n.5, p. 592-599, 2015.

FERNANDES, M. B.; SICRE, M. A.; CARDOSO, J. N.; MACEDO, S. J.; Sedimentary 4-desmethy l sterols and n-alkanols in an eutrophic urban estuary, Capibaribe River, Brazil**. Science of the total environment**, v. 231, 1–16, 1999.

FERREIRA, J. A; ANJOS, L. A. Aspectos de saúde coletiva e ocupacional associados à gestão dos resíduos sólidos municipais. **Cadernos de Saúde Pública,** v. 17, n. 3, p. 689-696, 2001.

FROST, A.; CULLEN, M. Marine debris on Northern New South Wales beaches (Australia): Sources and the role of beach usage. **Marine Pollution Bulletin**, v. 34, n.5, p. 348-352, 1997.

GARCIA, L.P.; ZANETTI-RAMOS, B.G. Gerenciamento dos resíduos de serviços de saúde: uma questão de biossegurança. **Caderno de Saúde Pública**, v.20, n.3, p.744-752, 2004.

GHIANI, G.; LAGANÀ, D.; MANNI, E.; TRIKI, C. Capacitated location of collection sites in an urban waste management system. **Waste Management**, v. 32, n. 7, p. 1291-1296, jul. 2012.

GOMES, F. S.; LIMA, L. M. P.; DE MELO, L.; LINS, S. S.; NAPOLEÃO, T. H.; DE LIMA SANTOS, N. D.; VASCONCELOS. S. D. Geração, coleta e impacto dos resíduos sólidos produzidos no carnaval de Recife. **Holos Environment**, v.7, n.2, p.191-201, 2007.

HUET, G., BI, S., XU, G., ZHANG, Y., MEI, X., ANCHUN, L. Distribution and assessment of heavy metals off the Changjiang River mouth and adjacent area during the past century and the relationship of the heavy metals with anthropogenic activity. **Marine Pollution Bulletin,** v. 96, 434–440, 2015.

IVAR DO SUL, J.A., COSTA, M.F. Plastic pollution risks in an estuarine conservation unit. **Journal Coastal Research**, 48–53, v. SI 65, 2013.

MACEDO, S. J., DA SILVA, P., BRAYNER, F. M. M., DUARTE, M., BARBOSA, A. M. F. Heavy metal concentrations in sediments of the Capibaribe River Estuary in the Metropolitan Region of Recife, Pernambuco-Brazil. In: **Sustainable Development and Planning III**, n. 2. pp. 357–365, 2007.

MACIEL, C. M.; SOUZA, J. R. B.; TANIGUCHI, S.; BÍCEGO, M.C.; ZANARDI-LAMARDO, E. Sources and distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons in an urbanized tropical estuary and adjacent shelf, Northeast of Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v. 101, 429–433, 2015.

MATTEI, G.; ESCOSTEGUY, P. A. V. Composição gravimétrica de resíduos sólidos aterrados. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 12, n. 3, p. 247-251, Rio de Janeiro, 2007.

MATTHIESSEN, P.; LAW, R. J. Contaminants and their effects on estuarine and coastal organisms in the United Kingdom in the late twentieth century. **Environmental Pollution,** v. 120, 739–757, 2002.

MELO, M. C. et al. Deformação vertical dos resíduos sólidos urbanos em uma célula experimental em função da composição gravimétrica e volumétrica dos materiais. **Revista Matéria**, v. 21, n. 2, p. 450-460, 2016.

MOORE, C. J. Synthetic polymers in the marine environment: A rapidly increasing, long-term threat. **Environmental Research**, v. 108, p. 131- 139, 2008.

MORRIT, D.; STEFANOUDIS, P.V.; PEARCE, D. CRIMMEN, O.A.; CLARCK, P.F. Plastic in the Thames: a river runs through it. **Marine Pollution Bulletin**, v. 78, n. 1-2, p. 196-200, 2014.

NASCIMENTO, R.C.M.; GUILHERME, B.C.; COELHO JUNIOR, C. **O estado da arte sobre o olhar da mídia ao Ecossistema Manguezal**: Levantamento no nordeste brasileiro. Novas Edições Acadêmicas, 60p, 2018.

NASCIMENTO, R.C.M. Composição gravimétrica de resíduos sólidos domiciliares encontrados em uma margem do reservatório do Tapacurá. In: Melo Júnior, M.; Silva, F.M.S.; Miranda, P.H.O. **Ecologia de Campo:** coletânea de pesquisas aquáticas desenvolvidas em Pernambuco. P.79-84, 2018.

NÓBREGA, A. S. C. **Fontes de Contaminação no Estuário do Rio Capibaribe, Pernambuco.** Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2011, 48 p. Monografia de Conclusão de Graduação em ciências biológicas, 2011.

NOBREGA, C. C. et. al. Análise preliminar física e físico-químicas dos resíduos sólidos domiciliares de Pedras de Fogo, Paraíba. In: **Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica**, 2. Anais. 2007.

OLIVEIRA, S. **Gestão dos resíduos sólidos urbanos na microrregião homogênea Serra de Botucatu:** caracterização física dos resíduos sólidos domésticos na cidade de Botucatu, SP. Dissertação (Mestrado) Agronomia (Energia na Agricultura) - FCA – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1997.

PERILLO, G. M. Definitions and geomorphologic classifications of estuaries. Geomorphology and sedimentology of estuaries. **Developments in Sedimentology,** v. 53 p. 17–47, 1995.

PONTUAL, V. Tempos do Recife: representações culturais e configurações urbanas. **Revista brasileira de história**, v. 21, n. 42, p. 417-434, 2001.

SANTOS, I. R.; FRIEDRICH, A. C.; WALLNER, M.; FILLMANN, G. Influence of socio-economic characteristics of beach users on litter generation. **Ocean e Coastal Management**, v. 48, n. 9-10, p. 742–752, 2005.

SCHETTINI, C. A. F.; MIRANDA, J. B.; VALLE-LEVINSON, A.; TRUCCOLO, E. C. The circulation of the lower Capibaribe estuary (Brazil) and its implications for the transport of scalars. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 64, n. 3, p. 263–276, 2016a.

SCHETTINI, C. A. F.; PAIVA, B. P.; BATISTA, R. A. L.; FILHO, C. O. F.; TRUCCOLO, E. C. Observation of an estuarine maximum turbidity zone in the highly impacted Capibaribe Estuary, Brazil. Brazilian. **Journal of Oceanography**, v. 64, n. 3, p. 185–189, 2016b.

SCHETTINI, C. A. F.; VALLE-LEVINSON, A.; TRUCCOLO, E. C. Circulation and transport in short, low-inflow estuaries under anthropogenic stresses. **Regional Studies in Marine Science**, v. 10, p. 52–64, 2017.

SCHNEIDER, V. E.; COSTA, S. D.; BOTTEGA, M.; MATTOS, M.; GRASSELLI, S.; CRUZ, D. D. Programa de gerenciamento dos resíduos sólidos no município de Bento Gonçalves/ RS. In: **Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental**, 27. Anais. 2000.

TRAVASSOS, P. E. P. **Hidrologia e Biomassa Primária do Fitoplâncton no Estuário do Rio Capibaribe, Recife Pernambuco**. Dissertação de Mestrado em Oceanografia. Recife: Universidade Federal de Pernambuco. 287 p. 1991.

VELLOSO, M .P. **Processo de Trabalho da Coleta de Lixo Domiciliar na Cidade do Rio de Janeiro:** Percepção e Vivência dos Trabalhadores. Dissertação de Mestrado em Saúde Coletiva. Rio de Janeiro: Fiocruz; 1995.

WOLANSKI, E.; WILLIAMS, D.; HANERT, E. The sediment trapping efficiency of the macro-tidal Daly Estuary, tropical Australia. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 69, 291–298, 2006.

ZHIFENG, L. M. Y. An application of circular economy principles to solid waste disposition planning. **Journal of Beijing Normal University (Natural Science)**, v. 40, n. 5, p. 697-702, 2004.

4.4 DESENVOLVIMENTO, CRISE E RESISTÊNCIA: OS IMPACTOS CAUSADOS NA LAGOA DO ARAÇÁ, EM RECIFE, PERNAMBUCO

SILVA, Eduardo Augusto da
Graduando
Centro de Filosofia e Ciencias Humanas, Universidade Federal de Pernambuco (CFCH / UFPE)
edu.augustox@gmail.com

BARBOSA, Gustavo Gomes
Graduando
Centro de Filosofia e Ciencias Humanas, Universidade Federal de Pernambuco (CFCH / UFPE)
gustavo-barbozza@hotmail.com

RESUMO

O presente estudo buscou compreender a realidade vivida na Lagoa do Araçá, localizada no bairro da Imbiribeira, em Recife, Pernambuco, sob a perspectiva do"lugar", categoria analítica que complementa a reflexão do "território usado". Para tanto, utilizando-se do método qualitativo, a análise se deu sobre os impactos ambientais observados nas imediações e na lagoa, ressaltando as dificuldades e as diferentes formas de lidar com o uso do espaço. Por meio de revisão bibliográfica, através da análise das imagens de satélite e da observação *in loco*, constatou-se que a lagoa possui 17 pontos de despejo de esgoto descarregando efluentes sanitários e 11 canalizações de esgoto despejando seus efluentes no canal de interligação da Lagoa com o Rio Tejipió. Os principais impactos ambientais observados na Lagoa decorrem do processo de expansão urbana, ocasionando aterro dos manguezais, descarte de resíduos sólidos, despejo de efluentes domésticos e um alto nível de assoreamento. Por fim, enfatiza-se que a pesquisa possibilitou a compreensão da dinâmica da realidade estudada e, em face disso, evidenciou-se nos resultados a necessidade ululante de uma mudança no modelo de crescimento contemporâneo para um modelo de desenvolvimento assentado em uma racionalidade ambiental condizente com a capacidade de manutenção da vida no planeta.

PALAVRAS-CHAVE: Impactos Ambientais, Território Usado, Racionalidade Ambiental.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, de acordo com a Prefeitura da Cidade do Recife, a Lagoa do Araçá é uma Unidade de Conservação da Natureza, criada peloDecreto 18 029/1998**.** Porém, sob a perspectiva do "lugar", categoria analítica que complementa a reflexão do "território usado"(SANTOS, 2008) como categoria central de análise geográfica, esse espaço vem sofrendo grandes impactos ambientais, ocasionados pela dinâmica da globalização contemporânea.

Nesse sentido, toma-se como ponto de partida a concepção de Santos (2008, p. 339) de que "cada lugar é, ao mesmo tempo, objeto de uma razão global e de uma razão local, convivendo dialeticamente". Sendo assim, as mudanças geradas pelo processo de globalização afetam diretamente as questões relativas ao (não) desenvolvimento sustentável do lugar.

Segundo Arif Dirlik (2000 apud ESCOBAR, 2005, p. 69), "[...] esta assimetria é mais evidente nos discursos sobre a globalização nos quais o global é igualado ao espaço, ao capital, a história e a sua agência, e o local, com o lugar, o trabalho e as tradições". Sendo assim, o lugar, em outras palavras, mostra-se a partir de uma compreensão de cultura, do conhecimento, da natureza, da economia.

A Lagoa do Araçá é caracterizada por ser uma área de mangue e apresenta clima tropical úmido com um período seco na primavera–verão e chuvas de outono–inverno. Esse "microclima" se deve, além de outros motivos, à presença de vários rios, da própria lagoa e de ventos alísios, que trazem brisas suaves para a região (MELOet al., 2018, p. 07).

Logo, essa área de mangue vem sofrendo com diversos tipos de ocupações, áreas essas próximas à Lagoa que podem ser consideradas como de risco e não apropriadas para construções. O crescimento populacional é um dos fatores importantes para a expulsão da parcela da população mais carente das áreas centrais da cidade, o que têm atraído o interesse do setor imobiliário – ocasionando um processo de gentrificação – acarretando na demolição de mocambos, promovendo o aterramento de áreas de mangues para ocupação, assim como em áreas de morros, sem planejamento algum (BARBOSAet al., 2012 apud MELO et al., 2018, p. 07).

Baseado nessa lógica, esse trabalho, utilizando-se do método qualitativo, a partir de revisão bibliográfica e através da análise de imagens de satélite e da observação *in loco*, justifica-se pela necessidade de apontar diferentes perspectivas teóricas e práticas relacionadas ao território. Levando-se a cogitar, assim, sobre a dinâmica de manutenção e uso da Lagoa do Araçá, de acordo com as crescentes intervenções imobiliárias em contraposição à sustentabilidade do ambiente, porém compondo dialeticamente a metamorfose do espaço urbano. Sendo assim, o objetivo principal deste trabalho é compreender a realidade vivida na Lagoa do Araçá e, nesse sentido, identificar os diferentes usos e as respectivas racionalidades presentes, permitindo contribuir na reflexão sobre modelos alternativos que demandem outras formas de uso do território e dos lugares, assentados em uma racionalidade ambiental(LEFF, 2001).

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Ao longo do tempo, os processos de verticalização atingiram um ritmo e magnitude de grande destaque nas grandes cidades, sendo um exemplo de materialização das várias transformações técnicas que vêm atingindo as cidades de forma contundente. Para Macedo (1997), a verticalização é, com certeza, uma das grandes responsáveis pelas alterações morfológicas e funcionais de amplos segmentos da paisagem urbana, sendo ela fator responsável por profundas alterações na dinâmica das cidades. Para Nucci (2008), a verticalização do espaço urbano pode ocasionar mudanças no meio físico, acarretando impactos ambientais no clima urbano, na drenagem, na cobertura vegetal e no conforto térmico.

A cidade possui uma complexa realidade que envolve várias modificações, já que as atividades econômicas são o principal fator de modificação/alteração da natureza. Para viver na cidade, a sociedade usa diversas técnicas para modificar os componentes do sistema natural, os quais são essenciais para a sobrevivência do homem. E são as grandes e profundas modificações no sistema natural que geram os impactos negativos que podem ser facilmente vistos na paisagem urbana.

O processo de verticalização, por concentrar infraestrutura e serviços em um só local, sobrecarrega a rede viária e de esgoto e, além

disso, altera o meio físico; em função da verticalização das edificações em áreas urbanas, a densidade populacional também aumenta, o que causa impactos negativos na qualidade ambiental.

Tricart (1977) também discorre sobre a capacidade de uso da terra de acordo com os diversos usos. Antes de qualquer intervenção, é extremamente necessário um estudo preliminar com vistas a conhecer as reais possibilidades dos terrenos para construção. Seguindo essa linha de pensamento, Gomes Orea (1978) afirma que quando se trata de planejamento para localização de atividades, deve-se avaliar a tolerância do território para receber os usos do solo, sem resultar em impactos e efeitos negativos irreversíveis.

O processo de verticalização é atrelado à expansão urbana que acompanha o crescimento populacional de uma cidade. A construção de edifícios modifica o espaço urbano a partir do momento que demanda outras características vinculadas a esse processo.

Nunes (2011) destaca que, com o processo de verticalização, tem-se um aumento da concentração de resíduos, exigindo do poder público maior eficiência na coleta, no transporte e na disposição final dos resíduos sólidos urbanos.

Nesse contexto,

> A verticalização é um processo intensivo de reprodução do solo urbano, oriundo de sua produção e apropriação de diferentes formas de capital, principalmente consubstanciado na forma de habitação como é o caso do Brasil. Além da associação junto às inovações tecnológicas que interferem no processo, alternando a paisagem urbana. (MENDES, 1992, p. 30).

A cidade verticalizada perde ainda parte do seu horizonte e, consequentemente, diminui a perspectiva de visão da paisagem natural; não se trata somente da perda da paisagem, mas também da salubridade urbana. Esse caminho traz consigo uma progressiva perda do sentimento de "ver e sentir a cidade", da emoção e da própria consciência do espaço urbano.

Entretanto, diante do espaço urbano, existe outro processo que está interligado com a malha da verticalidade que é a horizontalidade, que para Sabino e Simões (2013,pp. 16/17) é a forma de solidariedade or-

gânica que confronta a globalização vertical. E está caracterizada por se realizar no próprio local de criação, ser contígua, presumir comunicação, relação social e encontrar-se no nível do cotidiano: unidos pelas redes, os pontos dessas relações interligam-se com base em ordens e normas técnicas pelo veículo da informação.

A expansão imobiliária ao redor da Lagoa tem se intensificado e impactado negativamente, sobremaneira, esse ambiente, mostrando-se enquanto uma dinâmica capaz de produzir profundas mudanças nas suas características naturais, trazendo consigo alterações em escalas estrutural e social, que conformam o crescimento urbano. O contexto atual da Lagoa e as relações que incita em meio ao crescimento urbano evidencia a complexidade do espaço, já que a presença de verticalidades/horizontalidades provoca diretamente alterações na vida das pessoas e, decerto, atinge a qualidade ambiental da Lagoa do Araçá.

Sendo assim, Leff (2012) aponta para o desenvolvimento sustentável como busca de uma nova visão de mundo que visa o equilíbrio entre o crescimento econômico, baseado na economia ecológica e na organização da natureza, e a conservação e preservação da natureza, garantindo um meio ambiente equilibrado para as gerações futuras, qualidade de vida, ética e social.

Para Barbosa (2008, p. 01), "o conceito de 'desenvolvimento sustentável' surge como um termo que expressa os anseios coletivos, tais como a democracia e a liberdade, muitas vezes colocadas como uma utopia".

A ideia de desenvolvimento sustentável foi entendida inicialmente da seguinte forma: "[...] uma sociedade sustentável é aquela que pode satisfazer as suas necessidades sem comprometer as chances de sobrevivência das gerações futuras" (BROWN, 1981, p. 20).

Diante disso, a forma de ocupação das áreas urbanas é um desafio permanente para as cidades que buscam um desenvolvimento sustentável, no qual se insere a cidade do Recife, em Pernambuco, onde o crescimento imobiliário é constante, trazendo consigo um ritmo das atividades humanas e de geração de resíduos preocupantes no âmbito da preservação ambiental. E, ao analisar a dinâmica que engloba a Lagoa do Araçá, percebe-se que existem questões críticas no caminho da sustentabilidade urbana, já que o crescimento populacional nas áreas urbanas interfere no ambiente natural, principalmente pela dis-

posição inadequada dos resíduos líquidos e sólidos nos corpos d'água, tornado preocupante o seu estado.

Destaca-se que todas as sociedades causam algum tipo de degradação ambiental, não importando sua condição socioeconômica, bem como o local onde se situam, ou seja, no meio urbano a degradação existe de acordo com a forma e a intensidade das atividades realizadas. E ao entender estes processos no espaço vem à tona uma realidade sempre presente na vida do homem: a relação sociedade-natureza, principalmente em realidades urbanas nas quais os elementos físico-naturais são menosprezados, sendo, em muitos casos, evidenciados apenas em situações "emergenciais".

Por consequência, o grande desafio em qualquer ecossistema urbano é a busca pelo equilíbrio relativo dos sistemas natural e antrópico; emerge, então, a importância do planejamento do território, abrangendo aspectos ambientais e urbanos.

Além disso, dentro da ideia sistêmica da cidade, outro grande desafio é a diminuição dos resíduos – sólidos, líquidos e gasosos – gerados pelas atividades humanas. Vários são os impactos ambientais negativos decorrentes dessa problemática, principalmente nas cidades de grande porte (NUCCI, 2008; CAVALHEIRO, 1991). Desse modo, é de elevada importância a busca por alternativas sustentáveis e que esquadrinhem qualidade de vida na dinâmica urbana, consolidando referências para o processo de planejamento urbano.

Na ordem global, segundo Esteva (2000), é, seguramente, o modelo neoliberalizante hegemônico que conduz o uso dos territórios. A crise ambiental em curso decorre, sobretudo do uso corporativo do território, preconizado pelo modelo desenvolvimentista, que notadamente é orientado por uma racionalidade economicista, manifestada nos lugares. Nesse contexto, busca-se compreender a realidade vivida no entorno da única lagoa natural da capital pernambucana, com vistas a contribuir na reflexão sobre modelos alternativos e outras formas de uso dos territórios e dos lugares.

3. METODOLOGIA

Área de Estudo. A Lagoa do Araçá, localizada no bairro da Imbiribeira, Zona Sul da cidade do Recife, possui cerca de 14,2 hectares, o

que inclui área urbanizada, espaços verdes e espelho d'água de 109 m² com 2 metros de profundidade, entre as coordenadas UTM 0289155L e 9105013N e geográficas 08°05'38"S e 34°54'54"W a 8°05'47"S e 34°54'64"W, em uma área com uma região de mangues, populosa e considerada de alto padrão econômico (MELO et al., 2018, p. 07).

Visita in loco. Foram realizadas duas visitas *in loco,* uma em cada mês, em setembro (08/09) e outubro (20/10) de 2018.

Das investigações, foram selecionadas informações que enfatizam os impactos causados à Lagoa através da poluição e do despejo inadequado de esgoto e resíduos, gerando prejuízos sociais, bem como pela falta de saneamento básico.

Métodos para coleta de dados. Norteado pelo método indutivo, o procedimento metodológico empregado na quantificação e avaliação dos impactos ambientais foi através de *checklist*, pois a observação dos fatos tal como ocorrem não permite isolar e controlar as variáveis, mas perceber e estudar as relações estabelecidas (MELOet al., 2018, p. 08).

O *checklist* permitiu constatar que a Lagoa do Araçá possui pontos de despejo de esgoto descarregando efluentes sanitários, além de canalizações de esgoto despejando seus efluentes no canal de interligação da lagoa com o Rio Tejipió. Identificou-se, desse modo, claramente, os resíduos liberados e a degradação gerada neste ambiente.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O presente trabalho buscou compreender preliminarmente a realidade vivida na Lagoa do Araçá, localizada no bairro da Imbiribeira, Zona Sul da cidade do Recife (Figura 1). É a única lagoa natural da cidade e possui cerca de 14,2 hectares, o que inclui área urbanizada, espaços verdes e espelho d'água de 109 m² com 2 metros de profundidade (Figura 2).

Por meio de revisões bibliográficas, como também coleta de dados secundários em artigos e livros e da observação *in loco,* constatou-se que a lagoa possui 17 pontos de despejo de esgoto descarregando efluentes sanitários e 11 canalizações de esgoto despejando seus efluentes no canal de interligação da lagoa com o Rio Tejipió.

Os fatores descritos no Quadro 1 referiram-se aos impactos ambientais encontrados na Lagoa do Araçá.

Quadro 1. Checklist dos impactos ambientais na Lagoa do Araçá, Recife, Pernambuco.

Expansão urbana	Identificado e crescente
Aterros dos manguezais	Identificado
Descarte de resíduos sólidos	11 pontos identificados
Despejo de efluentes domésticos	17 pontos identificados
Nível de assoreamento	Identificado e crescente
Degradação ambiental	Identificado e crescente

Os principais impactos ambientais observados na lagoa foram: o processo de expansão urbana; aterros dos manguezais; descarte de resíduos sólidos; despejo de efluentes domésticos; e alto nível de assoreamento. Esses fatores de degradação estão ocorrendo ao longo de toda área observada neste estudo. Evidencia-se que a expansão urbana da cidade do Recife tem avançado, sobretudo, em direção aos meios naturais, provocando toda uma ordem de desequilíbrios e consequentes degradações, como as que estão presentes na supracitada lagoa.

Além do processo de urbanização, a dinâmica de algumas empresas tem agravado tal quadro, como Melo, Silva e Assis (2018, p.10) apresentam em sua pesquisa:

> Foram identificadas 14 empresas nas proximidades, dentre as quais, 4 (2 Lanchonetes e 2 Restaurantes) poluíam a lagoa com óleo vegetal usado na fritura, assim como no preparo de alimentos, despejado junto com as águas servidas do sistema de esgotamento sanitário dos estabelecimentos comerciais destacados. Visto que, esses empreendimentos não fazem o descarte apropriado do óleo usado, tampouco tem programa de reciclagem deste material. Além do despejo de efluentes domésticos, oriundos dos domicílios localizados no entorno da lagoa tinham esgotamento sanitário inadequado (MELO; SILVA; ASSIS, 2018, p.10).

Com isso, percebe-se que os agentes hegemônicos desencadeadores dos processos de degradação instalam-se verticalmente nos lugares,

conjugam-se em alguns casos com os agentes não hegemônicos estabelecidos horizontalmente e, movidos por intencionalidades e racionalidades distintas, geram fatores de desequilíbrio ambiental. Nesse sentido, faz-se imperioso repensar modelos alternativos que demandem outras formas de uso do território e dos lugares, orientados por uma racionalidade sintonizada com as necessidades locais e as especificidades do ambiente. Assentimos, com Enrique Leff, que o desenvolvimento é o que promove transformações para uma racionalidade social e produtiva, baseada na produtividade ecotecnológica que seja sustentável para cada lugar. Portanto, o desenvolvimento necessita ser endógeno, se fazendo urgente, entretanto, uma desconstrução da racionalidade vigente. Em contraponto a tal racionalidade economicista da globalização, o autor propõe "pensar singularidades locais e construir uma racionalidade capaz de integrar as diferenças, assumindo sua incomensurabilidade, sua relatividade e sua incerteza" (LEFF, 2009, p. 275).

Figura 1. Mapa do bairro da Imbiribeira (Recife-PE), onde se localiza a Lagoa do Araçá.

Fonte: Atlas Municipal de Desenvolvimento Humano no Recife (2006)

Figura 2 – Imagem aérea da Lagoa do Araçá.

Fonte: Disponível em: https://www.google.com.br/imghp?hl=pt-PT&tab=wi. Acesso em 12 nov. 2018.

5. CONCLUSÕES

Conclui-se, portanto, que a Lagoa do Araçá tem sido acometida por várias ações antropogênicas, que têm provocado alterações radicais em sua fisiografia e composição biológica. Assim, a ação dos tensores provocados pelo homem juntamente com os tensores naturais que atuam sobre o ecossistema acaba por limitar o desenvolvimento da flora e fauna local, interferindo tanto na estrutura como na diversidade, eliminando aquelas espécies mais vulneráveis, permitindo inferir que o grande desafio é a dificuldade de lidar e cuidar com a multiplicidade de interesses para a sua gestão. Ressalte-se, sobretudo, que a Lagoa do

Araçá é de suma importância para a manutenção dos ecossistemas de manguezais e paisagem natural naquela região.

Por fim, o presente estudo possibilitou a construção do conhecimento e a melhor compreensão da realidade estudada e, em face disto, evidenciou-se nos resultados a necessidade ululante de uma mudança no modelo contemporâneo para um modelo de desenvolvimento assentado em uma *racionalidade ambiental* condizente com a capacidade de manutenção da vida não apenas em seu entorno, mas com perspectivas que possam salvaguardar a qualidade ambiental regional e quiçá no planeta.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, G.S. O desafio do desenvolvimento sustentável. **Rev. Visões**, v.1, n.4, Jan./Jun. 2008.

BROWN, L. **Building a SustainableSociety.**Washington, DC: World watchInstitute, 1981.

CAVALHEIRO, F. **Urbanização e alterações ambientais.**In: TAUK, S. M (Org.). Análise ambiental: uma visão interdisciplinar. Rio Claro: UNESP/FAPESP, 1991, p.88-99.

ESTEVA, G. Desenvolvimento. In: SACHS, W. (editor). **Dicionário do desenvolvimento:** guia para o conhecimento como poder. Rio de Janeiro: Vozes, 2000. p.59-83.

ESCOBAR, A. **O lugarda natureza e a natureza do lugar:** globalização ou pós-desenvolvimento?. CLACSO, ConsejoLatinoamericano de CienciasSociales. Buenos Aires, 2005.

FEIL, A. A.; SCHREIBER, D. Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: desvendando as sobreposições e alcances de seus significados. **Cad. EBAPE.BR**, v. 14, n. 3, Jul./Set. 2017.

GOMES OREA, D. **El médio físico y Iaplanificacion**. Madri: CIFCA, 1978.

LEFF, E. **Ecologia, Capital e Cultura**: a territorialização da racionalidade ambiental. Rio de Janeiro: Vozes, 2009.

LEFF, E. **Epistemologia ambiental**. São Paulo: Cortez, 2001.

LEFF, E. **Saber ambiental**: sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder. 9 ed. Rio de Janeiro: Vozes, 2012.

MACEDO, M.M.M.**Verticalização das cidades**: o papel da legislação no caso do bairroSion em Belo Horizonte. Belo Horizonte. Dissertação. (Mestrado em Geografia) Instituto de Geociências/ Universidade Federal de Minas Gerais, 1997.

MENDES, C. M. **O edifício no jardim**: um plano destruído – a verticalização de Maringá. 1992. Tese (Doutorado em Geografia Humana) – Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992.

MELO, J. G. S.; SILVA, E. R. A. C.; ASSIS, D. R. S**.** Avaliação dos impactos ambientais na Lagoa do Araçá, Recife, Pernambuco, Brasil. **Acta Brasiliensis,** v. 2, n. 1, jan. 2018.

NUCCI. J. C. **Qualidade ambiental e adensamento urbano**: um estudo de ecologia e planejamento da paisagem aplicado ao distrito de Santa Cecília (MSP). 2. ed. Curitiba: O Autor, 2008.

NUNES, N. Gestão Ambiental Urbana: Planejar Antes de Verticalizar. **Revista Complexus**, n. 3, 2011.

SABINO, A.; SIMÕES, R. **O espaço em transformação:** uma análise sobre o conceito de espaço desenvolvido por Milton Santos. Peru: EGAL, 2013.

SANTOS, M. **A Natureza do Espaço**: Técnica e Tempo, Razão e Emoção. 4. Ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2008.

SECRETARIA DE PLANEJAMENTO DO RECIFE. **Atlas Municipal de Desenvolvimento Humano no Recife.**2006. Disponível em: https://www.recife.pe.gov.br/pr/secplanejamento/pnud2006/ Acesso em: 26/10/2018.

TRICART, J. **Ecodinâmica.** Rio de Janeiro: IBGE, 1977.

4.5 SAÚDE AMBIENTAL NO ASSENTAMENTO DO ENGENHO UBU, EM GOIANA, PERNAMBUCO

JÚNIOR, Jorge Alberto Muniz Ferreira
Graduado
Departamento de Ambiente, Saúde e Segurança do Instituto Federal de Pernambuco (DASS/IFPE)
jorgeamfj17@hotmail.com

FERREIRA, Sabrina de Oliveira Pinto Muniz
Graduada
Departamento de Ambiente, Saúde e Segurança do Instituto Federal de Pernambuco (DASS/IFPE)
sabrina.yeshua@hotmail.com

RESUMO

No Assentamento do Engenho Ubu uma das preocupações ambientais é a presença de doenças que podem estar atreladas à instalação do aterro sanitário privado no município de Igarassu, o qual possivelmente está poluindo o Rio Arataca e seus afluentes, modificando o modo de vida dos assentados. Desse modo, o presente trabalho tem como objetivo geral analisar os fatores que possam interferir na saúde ambiental da população local, investigando seus principais riscos. A partir daí, foram levantados dados primários através de visitas a campo, entrevistas e aplicação de questionários para confrontá-los com os dados secundários dos serviços de saúde. Os dados primários mostram que a atual situação do Assentamento do Engenho Ubu apresenta condições favoráveis para a proliferação de doenças (ausência de esgotamento sanitário, disposição inadequada dos resíduos sólidos, etc.), como a esquistossomose, e que o surgimento de casos de leishmaniose tem deixado em alerta seus habitantes. Logo, para a erradicação/mitigação dessa problemática, é intrínseca a intensificação e maiores investimentos em programas de combate a tais doenças por parte do Governo do Estado de Pernambuco, além de melhorias na infraestrutura urbana e nos sistemas de Educação e Saneamento Básico.

PALAVRAS-CHAVE: saneamento, doenças e população.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, os trabalhos que investigam os impactos ambientais negativos desencadeados sobre as populações circunvizinhas aos aterros sanitários público ou privado estão na linha dos estudos sobre injustiças socioambientais. Essa é uma ação necessária e eficaz para solucionar os problemas voltados à destinação final dos resíduos sólidos, pois, muitas vezes, os impactos ambientais negativos ficam encobertos e geram problemas para a população.

Tais ações tendem a prejudicar a capacidade de um sistema natural de recuperar-se das perturbações impostas por agentes externos. No Assentamento do Engenho Ubu, são perceptíveis as alterações negativas decorrentes das atividades humanas ao longo dos anos. De acordo com a população local, atividades que antes eram consideradas típicas, como por exemplo, a pesca de subsistência no Riacho Jardim (Rio Arataca), hoje não mais são realizadas.

Alguns moradores atribuem a responsabilidade dos impactos ambientais negativos à instalação do aterro sanitário privado denominado Central de Tratamento de Resíduos (CTR-PE). Outros admitem uma parcela dessa responsabilidade, pois reconhecem práticas errôneas executadas antes da instalação do aterro sanitário, como o lançamento inadequado de resíduos e efluentes sanitários sem tratamento no Riacho Jardim que corta a área (CPRH, 2014).

O abastecimento de água pelos corpos hídricos ao longo da extensão territorial do Assentamento do Engenho Ubu torna a população vulnerável a esse problema, pelo fato de ser comum o seu uso para atividades, como banho, lavagem de roupas e utensílios de cozinha e lazer, entre outras – excetuando a pesca.

No entanto, ao desenvolver este trabalho no Assentamento do Engenho Ubu, ficou clara a insatisfação da parcela atingida pelos impactos negativos do aterro sanitário, a qual tem se mobilizado para pressionar o poder público na tentativa de desativar o empreendimento, devido à identificação de riscos que se fazem presentes no ar, no solo e na água, através da possível contaminação oriunda do chorume e demais atividades – os quais podem estar associados ao surgimento de doenças negligenciadas como a esquistossomose e leishmaniose.

Sendo assim, este trabalho tem como objetivo geral analisar os fatores que possam interferir na saúde ambiental da população do Assentamento do Engenho Ubu, investigando os principais riscos à saúde ambiental local, apoiado pelos seguintes objetivos específicos: realizar diagnóstico socioambiental do Assentamento do Engenho Ubu, envolvendo a área deste; identificar as principais doenças associadas à precariedade dos sistemas de abastecimento de

água, de coleta e tratamento de esgoto e dos resíduos sólidos; e descrever a percepção da população do Assentamento do Engenho Ubu quanto aos possíveis impactos na saúde e oportunidades de trabalho provenientes das empresas que estão se instalando e que poderão se instalar no município de Goiana.

O estudo visa auxiliar os assentados no entendimento dos problemas e na proposição de ações e políticas públicas lideradas pela Prefeitura de Goiana, buscando a melhoria da região e divulgando novas informações no âmbito da saúde coletiva e gestão ambiental.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os impactos negativos sobre o meio ambiente começaram a se intensificar a partir da Revolução Industrial – ocorrida na Grã-Bretanha, a partir de 1760. A princípio foi vista como uma solução para regatear diversos itens que favoreceriam a qualidade de vida da população, pois nesse período a produção em massa ganhou força, deixando de lado o modo de produção agrícola (PENSAMENTO VERDE, 2014).

Ao se disseminar pelos países da Europa e posteriormente pelos Estados Unidos da América (EUA), desdobramentos não planejados surgiram, como por exemplo, os impactos ambientais nocivos. Desse ponto em diante, a relação homem e natureza foi transformada devido ao progresso dos maquinários, baseado na aceleração e na sobreposição da capacidade humana nos ambientes naturais, os quais enraizaram o consumismo – atualmente um dos empecilhos para a preservação dos recursos naturais, especialmente nos países ricos, ou seja, quanto mais consumo, mais indústrias surgirão e mais recursos naturais serão explorados (PENSAMENTO VERDE, 2014).

A degradação ambiental é cada vez mais crescente com consequências e previsões drásticas, caso não haja algum tipo de mudança no comportamento das atividades antrópicas desenvolvidas, principalmente as que envolvem a indústria – uma das principais responsáveis pela contaminação e poluição dos recursos hídricos, da atmosfera e dos solos.

Apesar de haver avanços no que diz respeito às leis ambientais que limitam as atividades potencialmente poluidoras e utilizadoras dos recursos naturais, é desafiador manter o equilíbrio entre a produção acelerada e a conservação ambiental em uma sociedade consumis-

ta e dependente da indústria, mesmo existindo eventos organizados por países industrializados na tentativa de buscar soluções adequadas para um desenvolvimento industrial sustentável (PENSAMENTO VERDE, 2014).

Em 1948, os Estados Unidos já possuíam uma Lei de Controle da Poluição das Águas, e em 1955, passaram a ter a Lei de Controle da Poluição do Ar. A criação destas leis comprova que, na época, os impactos negativos concebidos pelo próprio homem já incomodavam, e que era necessária a ação dos governos para tentar controlá-los – agindo diretamente nas fontes da poluição (SANCHEZ, 2013).

Segundo Ward (1972), no relatório "Uma Terra Somente", apresentado na Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente Humano, há a discussão sobre o preço da poluição. A poluição é compreendida como uma condição existente ao redor dos seres vivos que pode gerar danos. As suas causas estão associadas às ações antrópicas que sujam o ambiente. Desse modo, é essencial o seu controle com o intuito de reduzi-la ou evitá-la.

De acordo com Sánchez (2013), a partir da Declaração de Estocolmo, leis de controle de poluição surgiram em outros países, principalmente na década de 1970, quando surgiram as entidades governamentais incumbidas da vigilância ambiental e da fiscalização das atividades poluentes. No Brasil, os estados do Rio de Janeiro, em 1975, e de São Paulo, em 1976, criaram suas leis de controle de poluição.

O surgimento das primeiras leis ambientais no País estava voltado exclusivamente à proteção ambiental que tratava apenas dos problemas relativos à poluição. No entanto, a percepção da população mundial mudou no instante em que o conceito de meio ambiente passou a estar vinculado à ideia de qualidade de vida e não apenas da preservação dos recursos naturais (SÁNCHEZ, 2013).

No contexto de um país tão diverso, inúmeros cenários de degradação socioambiental estão presentes em todo o território. Existem problemas em grandes cidades, como excesso de poluição, mobilidade caótica e deficiência de áreas verdes, mas também problemas em áreas rurais, como precariedade no saneamento ambiental e desigualdade no acesso aos serviços públicos.

Dessa forma, o município de Goiana, no Estado de Pernambuco, possui singularidades semelhantes a outras regiões do Brasil, especial-

mente em áreas rurais e periurbanas. Na zonal rural desse município situa-se o Assentamento do Engenho Ubu, o qual sofre com a poluição e a degradação ambiental provocada pelo homem que, na maioria dos casos, altera as funções, processos e/ou a qualidade ambiental em prol do crescimento econômico.

3. METODOLOGIA

Conforme Fachin (2006), o trabalho científico deve ser baseado em procedimentos metodológicos que conduzem às operações denominadas conhecer, agir e fazer. Essas são desempenhadas pelo ser humano com o intuito de desenvolver adequadamente um estudo tornando seus resultados crédulos e válidos.

No pensamento de Barros e Lehfeld (2007), a metodologia é uma disciplina instrumental e reflexiva que se propõe a ampliar habilidades de observação e análise, desenvolver o espírito crítico, a sistematização e a seleção de informações e dados na busca do entendimento da realidade, aperfeiçoando o conhecimento pela formação e informação técnico-científica. Desse modo, o estudo realizado no Assentamento do Engenho Ubu foi baseado em uma abordagem de caráter qualitativo com os procedimentos e técnicas descritos abaixo.

Para realização de diagnóstico socioambiental da comunidade, utilizaram-se dados secundários do diagnóstico da Empresa Brasileira de Hemoderivados e Biotecnologia - HEMOBRÁS (2013) e dos bancos de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2010), além de dados dos serviços de saúde locais e outros órgãos de interesse para a pesquisa. Os dados primários foram produzidos através de questionários e entrevistas realizados com a população residente no Assentamento do Engenho Ubu e aos profissionais de saúde nos dias de visitação.

Com o objetivo de compreender a percepção da população local acerca dos possíveis impactos (negativos e positivos) e das condições de saúde sobre o Assentamento do Engenho Ubu, foram realizados questionários e entrevistas semiestruturadas com os principais atores sociais como, por exemplo, lideranças comunitárias e moradores, apoiados pela revisão de literatura voltada à saúde ambiental.

Segundo Gil (1999), vale salientar que nos questionários e entrevistas semiestruturadas, o entrevistador realiza perguntas pré-estabeleci-

das consideradas como principais, estando livre para elaborar novas perguntas que tornem as respostas mais completas. Foi deliberada, após as primeiras visitas no Assentamento do Engenho Ubu, uma amostra aleatória de 40 questionários.

Conforme Gil (1999), o questionário consiste na tradução dos objetivos da pesquisa em questões específicas; dessa maneira, as respostas obtidas proporcionarão os dados requeridos para esclarecer o problema. Ainda em suas palavras, a entrevista é uma técnica de coleta de dados em que o investigador se apresenta frente ao investigado e o formula perguntas com o objetivo de obter dados que interessam à investigação.

Para identificar as principais doenças e agravos ocorrentes no Assentamento do Engenho Ubu foram feitas consultas nos documentos da Secretaria Estadual de Saúde do Estado de Pernambuco (SES-PE) que, por meio da Secretaria Executiva de Vigilância em Saúde (SEVS, 2013), tem desenvolvido o Programa de Enfrentamento às Doenças Negligenciadas (SANAR), desde o ano de 2011, através do Pacto pela Saúde.

Essas consultas foram auxiliadas também pelas informações provenientes da revisão bibliográfica que conta com a presença do Centro Brasileiro de Estudos de Saúde (Cebes) e seu periódico sobre a Saúde Pública, bem como com o estudo de Análise Participativa da Realidade Socioambiental da Goiana-PE, realizado pela Hemobrás, e com o Diagnóstico Socioambiental do Litoral Norte do Estado de Pernambuco, elaborado pela Agência Estadual de Meio Ambiente (CPRH, 2003).

Por fim, em 2015, utilizaram-se as técnicas de observação direta da paisagem, o registro de fotografias e conversas informais com atores relevantes para a pesquisa. Ao observar a paisagem é possível organizar o que se vê, distinguir e descrever os elementos que a compõem, auxiliando no processo de aprendizagem. Isso torna-se ainda melhor quando se capta a paisagem através de fotografias, pois é proporcionada a comunicação com diversas possibilidades de interpretação daquele instante; além disso, torna-se possível a realização de comparações entre momentos passados e do presente. A fotografia acaba sendo, em boa parte dos casos, a comprovação do que é relatado pelos atores sociais sobre determinado acontecimento.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com uma área de 1596,60 ha, o Assentamento do Engenho Ubu é formado por 167 famílias que foram assentadas em 1996 e praticam a agricultura orgânica e tradicional, além da pesca artesanal, sendo beneficiadas pelo fato de suas terras (maior parte de Reforma Agrária) estarem adjacentes aos recursos hídricos relevantes na região, como o Rio Arataca e o Canal de Santa Cruz (HEMOBRÁS, 2013).

É importante destacar as principais características que influenciam o Assentamento do Engenho Ubu: sua proximidade com a BR-101 (Norte), que propicia o transporte e o escoamento da produção aos mercados locais; e a disponibilidade de recursos hídricos, auxiliando na produção agrícola e na reprodução de vida das comunidades que vivem na região (HEMOBRÁS, 2013).

Ao realizar o levantamento das características da população do Assentamento do Engenho Ubu quanto à idade, a partir dos dados cadastrados e disponíveis no Posto de Saúde da Vila Rural, e compará-los com as informações do Sistema Nacional de Assistência Jurídica (SINAJUR, 2006), percebe-se a predominância de adultos (de 24 até 60 anos de idade), seguida pelos adolescentes (até 18 anos) e jovens (até 24 anos de idade). Ou seja, os idosos (igual ou maior que 60 anos de idade) presentes são considerados minoria. Já em relação à caracterização da população quanto ao sexo, surge um equilíbrio (Tabela 1).

No Assentamento do Engenho Ubu, tanto o esgotamento sanitário quanto a coleta de resíduos sólidos são precários (HEMOBRÁS, 2013).

Tabela 1. Caracterização da População do Assentamento do Engenho Ubu quanto ao sexo e a idade.

Faixa Etária	Masculino	Feminino
10 a 14 anos	31	32
15 a 19 anos	42	33
20 a 39 anos	72	84
40 a 59 anos	37	41
60 ou mais anos	31	23
60 a 100 anos	21	21

Fonte: Posto de Saúde da Vila Rural de Ubu (2015)

Essa realidade pôde ser comprovada por meio de visitas a campo, registros fotográficos, entrevistas e questionários aplicados aos moradores do Assentamento do Engenho Ubu. Entretanto, descobriu-se que a coleta dos resíduos sólidos só é executada uma vez na semana (às sextas-feiras) e que, por isso, o meio encontrado para não acumular grandes quantidades de resíduos em seus quintais, é destinando-os inadequadamente (Figura 1).

Figura 1. Deposição inadequada de lixo sobre o solo numa das áreas do Assentamento do Engenho Ubu.

Fonte: Ferreira (2015).

Outro aspecto observado nas visitas a campo e relatado nas entrevistas foi a ausência de pavimentação e de sistema de drenagem nas ruas que fazem parte do Assentamento do Engenho Ubu (Figura 2).

Figura 2. Ausência de Pavimentação e Sistema de Drenagem no Assentamento do Engenho Ubu

Fonte: Ferreira (2015)

Os assentados captam a água diretamente do rio, ou têm a opção de serem abastecidos por um poço artesiano comunitário, localizado na Escola da Vila Ubu. Os dejetos e efluentes gerados nos banheiros da maioria das casas (taipa ou alvenaria) são destinados às fossas rudimentares ou sépticas; àquelas que não possuem, resta o acondicionamento indevido sobre o ambiente (Tabela 2).

Tabela 2. Condições Socioambientais do Assentamento do Engenho Ubu.

Número total de famílias: 162 Número total de habitantes: 589						
Tratamento de água		**Água Utilizada**	**Destino dos efluentes**		**Habitação**	
Filtrada	Sem Tratamento	Poço ou Nascente do rio	Fossa Séptica	Céu Aberto	Casa de Taipa	Casa de Alvenaria
80	82	162	142	20	3	159

Fonte: Posto de Saúde da Vila Rural de Ubu (2015).

Do mesmo modo ocorre com a coleta de resíduos sólidos que, de acordo com boa parte dos habitantes, é realizada uma vez por semana. Nos demais dias, a queima dos resíduos nos quintais das casas é a ação mais típica e frequente, apesar do Assentamento do Engenho Ubu estar nas adjacências do aterro sanitário da Central de Tratamento de Resíduos Pernambuco (CTR-PE) (Figura 3).

Todos esses problemas citados anteriormente acarretam a proliferação de vetores de doenças, sendo a esquistossomose a mais gritante por apresentar os três fatores intrínsecos na conclusão de seu ciclo: presença do agente etiológico nos recursos hídricos; presença de hospedeiros intermediários; e o contato do homem com eles.

Figura 3. Queima de resíduos sólidos nos quintais das casas.

Fonte: Ferreira (2015).

É interessante salientar que Goiana está entre os 102 municípios com significativa taxa de prevalência de transmissão da esquistossomose, de um total de 186 municípios em Pernambuco, de acordo com o Relatório de Situação do Sistema Nacional de Vigilância em Saúde (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2011).

Todavia, não é só a esquistossomose que assusta a população do Assentamento do Engenho Ubu. A comunidade está em estado de alerta desde o surgimento do primeiro caso de leishmaniose em 2015 (também conhecida como "kalazar" ou "febre dum-dum"), doença debilitante que levou a óbito um de seus habitantes (TORTORA, 2010).

De acordo com Tortora (2010), os patógenos do protozoário são cerca de 20 espécies diferentes, categorizadas em três grupos: *Leishmania donovani* – causa invasão dos órgãos internos pelos parasitas;

Leishmania Braziliensis; e *Leishmania tropica* – causam lesões na pele ou nas membranas mucosas.

Ainda nas palavras de Tortora (2010), a leishmaniose é transmitida pela picada do mosquito-pólvora fêmea, que infecta os mamíferos com a sua saliva no instante em que penetra sua pele. Esse fato tem preocupado bastante os habitantes, de tal maneira que muitos estão sacrificando seus animais de estimação, principalmente cachorros, considerados como sendo um fator de risco para a ocorrência da doença.

Com a exceção do aparecimento da leishmaniose no ano de 2015, a realidade do Assentamento do Engenho Ubu não é tão diferente de anos anteriores. A captação de água executada por parte dos parceleiros e assentados permanece sendo realizada através de poços artesianos (água tratada com hipoclorito – fornecido pelo Posto de Saúde – e filtrada), visto que a confiança no uso direto das águas do Rio Arataca (Riacho Jardim) foi reduzida devido ao aumento da poluição, possivelmente ocasionada após a instalação do Aterro Sanitário nas imediações.

O Relatório de Monitoramento de Qualidade da Água (CPRH, 2014) aponta alterações no Oxigênio Dissolvido (OD), Fósforo Total e Coliformes Termotolerantes no Rio Arataca ou Riacho Jardim (que se encontra na Estação BF-45), ou seja, há o comprometimento da qualidade da água, quando comparado aos parâmetros da Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) nº 357/2005 (CONAMA, 2005).

Consoante aos relatos da médica cubana O. M., integrante do Programa do Governo Federal Mais Médicos – a qual está alocada no Posto de Saúde próximo à Vila Rural de Ubu e que conta com o auxílio de uma Enfermeira e uma Técnica em Enfermagem –, as 162 famílias do Assentamento do Engenho Ubu (cadastradas no Posto de Saúde, resultando em um total de 589 habitantes) vêm sofrendo com a presença de verminoses, por estarem localizadas próximas ao Rio Arataca (Riacho Jardim), considerado um recurso natural de suma importância em seu modo de vida.

Ainda de acordo com a médica, alguns assentados utilizam o curso d'água para a prática da pesca; lavagem de louças; asseio pessoal; e banhar animais, como por exemplo, cavalos e cachorros, etc. Essas atividades associadas à poluição do rio, efetuada tanto por parte dos

habitantes do Assentamento do Engenho Ubu, através do lançamento de resíduos sólidos, quanto pelo aterro sanitário privado – instalado adjacente à região em que se encontra –, com o possível lançamento de Resíduos de Classe I e II, tornam o ambiente propício à proliferação das verminoses e das zoonoses.

Não obstante, ela considera que houve uma redução significativa no número de casos de pacientes com esquistossomose, mesmo levando em consideração a cultura da população. Para constatar a sua afirmação, basta consultar o Relatório de Gestão do Programa de Enfrentamento às Doenças Negligenciadas (2011-2014), que alcançou a meta de redução de prevalência de esquistossomose a menos de 10% nos 40 municípios prioritários (incluindo Goiana), ou seja, atingiu-se o valor de 4,4% no ano de 2014.

Além disso, há os relatos de boa parte dos entrevistados, que informou haver uma diminuição significativa no aparecimento de caramujos na região – considerados vetores principais na disseminação da doença.

A médica acredita que o principal fator responsável pelo surgimento das verminoses e zoonoses é o baixo nível da educação no Assentamento do Engenho Ubu, o qual dificulta o entendimento das informações emitidas por parte dos profissionais de saúde aos seus moradores. Nas palavras da médica, "infelizmente, a maioria não entende a gravidade dessas doenças e continua andando descalço e tomando banho de rio".

Além disso, ela deixou claro que a falta de alguns equipamentos e medicações no Posto de Saúde também pode ser considerada como um dos fatores que contribui com a precariedade do atendimento às necessidades básicas de saúde a toda a população do Assentamento do Engenho Ubu, pelo fato de existir um elevado número de pacientes e não possuir infraestrutura suficiente para atender a todos – mesmo esclarecendo que a situação atual é melhor do que na época anterior ao fechamento do Posto de Saúde, período em que a população carecia de assistência médica.

O. M. ainda relatou que além das verminoses e zoonoses, doenças respiratórias estão bem presentes no Assentamento do Engenho Ubu, o que se acredita que esteja associado ao forte odor emanado pelas atividades do aterro sanitário – motivo de reclamação dos moradores do

Assentamento – e também pela típica prática de queima dos resíduos sólidos gerados pela própria população que, por consequência, acarreta na dispersão significativa de partículas sólidas sobre a atmosfera.

Nos relatos das entrevistas, parte dos assentados afirma que o aterro sanitário privado, principalmente durante o inverno, despeja o excesso de chorume produzido em um pequeno córrego que deságua no Riacho Água Branca, afluente do Rio Arataca, fato evidenciado pela observação daqueles de uma espuma branca na superfície da água (HEMOBRÁS, 2013).

A moradora J.F., 63 anos, em entrevista, disse ter presenciado a piora do Assentamento do Engenho Ubu em relação à poluição ambiental após a instalação do aterro sanitário privado e suas atividades. A assentada vive no local desde o ano de 1994.

> [...] a gente fica com medo, né? Se você for olhar a barragem chega é aquela nata... antigamente nós lavava prato, tomava banho, mas agora não dá mais... a gente tomava até dessa água, menino... antes do aterro era uma coisa e depois do aterro virou outra... o chorume do aterro tava caindo para dentro do rio[...]

5. CONCLUSÕES

Já é comprovado, por meio do Programa de Enfrentamento às Doenças Negligenciadas (SANAR), que em regiões próximas ao Assentamento do Engenho Ubu existem casos de esquistossomose e leishmaniose – é claro que em processo inicial. Todavia, é importante o desenvolvimento maciço e maiores investimentos em estudos e ações que possam mitigar ou eliminar essas doenças para que não continuem se dispersando no estado de Pernambuco.

Por meio das entrevistas com os moradores e os profissionais de saúde do Assentamento do Engenho Ubu, além dos dados secundários, foi possível constatar a presença da esquistossomose e leishmaniose, doenças que podem ser eliminadas caso medidas educativas preventivas e corretivas sejam aplicadas à população.

Além disso, faz-se necessário um aumento nos investimentos por parte do Governo em infraestrutura e equipamentos no setor de Saúde,

para que os profissionais possam exercer suas atividades com maior qualidade e, consequentemente, atender um grande quantitativo de pacientes.

Também é preciso mencionar os investimentos em saneamento básico e infraestrutura urbana, como a pavimentação de vias e edificação de sistemas de drenagem eficientes, que auxiliariam na diminuição de doenças respiratórias; no acesso dos caminhões coletores de resíduos (quem sabe até aumentando a frequência de coleta) e das ambulâncias em atendimentos emergenciais; e na acessibilidade de portadores de necessidades especiais, entre outros.

Além dos problemas abordados acima, outro que pode agravar a situação ou até mesmo atrair vetores de outras doenças é a disposição incorreta do lixo e dos resíduos gerados pela comunidade local e pelas atividades desenvolvidas no aterro sanitário, instalado próximo ao Assentamento do Engenho Ubu.

Para isso, o aumento na frequência da coleta de lixo, a conscientização e sensibilização (através de exposições, oficinas e palestras) dos moradores do Assentamento do Engenho Ubu e a implantação da coleta seletiva, ou seja, a implantação de um sistema eficiente de gerenciamento de resíduos, podem contribuir bastante na redução da taxa de indivíduos com problemas respiratórios e na diminuição da contaminação do solo e da água.

É claro que ações educativas de conscientização e sensibilização ambiental não podem ser dispensadas neste processo e devem ser executadas tendo os moradores do Assentamento do Engenho Ubu como público-alvo principal, já que eles vivem do que o meio ambiente os proporciona.

Por conseguinte, é essencial a realização de palestras, oficinas e diálogos com todas as faixas etárias, principalmente, com as crianças, as quais no futuro assumirão a responsabilidade de zelar pelo Assentamento do Engenho Ubu. Ademais, são necessárias benfeitorias em saneamento básico, implantação de mecanismos democráticos de participação dos moradores na busca de soluções para os problemas e melhoria efetiva na educação para crianças, jovens e adultos.

Essas condições foram corroboradas após as visitas de campo, as quais proporcionaram a troca de experiências e informações, através de entrevistas e aplicação de questionários semiestruturados com os

diversos atores do Assentamento do Engenho Ubu, e a vivência da realidade dos assentados, incluindo também os profissionais responsáveis por prestar serviços de saúde aos habitantes do Assentamento.

REFERÊNCIAS

BARROS, A. J. S.; LEHFELD, N. A. S. **Fundamentos de metodologia científica**. 3.ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

CONAMA. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. 2005. Alterado pela Resolução CONAMA 397/2008. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/conama>. Acesso em: 09 jul. 2016.

CPRH- AGÊNCIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE**. Diagnóstico Socioambiental do Litoral Norte do Estado de Pernambuco**. Recife, CPRH: 2003.

CPRH- AGÊNCIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE. **Relatório de Monitoramento da Qualidade da Água**. Recife, CPRH: 2014.

FACHIN, O. **Fundamentos de metodologia**. 5.ed. São Paulo: Saraiva, 2006

GIL, A. C. **Métodos e técnicas da pesquisa social**. 5.ed. São Paulo: Atlas, 1999.

HEMOBRÁS. EMPRESA BRASILEIRA DE HEMODERIVADOS. **Análise Participativa da Realidade Socioambiental de Goiana**. Recife: Hemobrás; 2013.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo demográfico 2010.** Rio de Janeiro, 2010.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Sistema Nacional de Vigilância em Saúde – Relatório de Situação (Pernambuco)**. Brasília, 2011.

PENSAMENTO VERDE. **A relação entre a revolução industrial e o meio ambiente**. 6 Jun. 2014. Disponível em: http://www.pensamentoverde.com.br/meio-ambiente/relacao-entre-revolucao-ambiental-e--meio-ambiente/. Acesso em: 11 Nov. 2016.

SANCHEZ, L.E. **Avaliação de impacto ambiental:** conceitos e métodos. São Paulo: Oficina de textos, 2013.

SEVS. SECRETARIA EXECUTIVA DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE. **Cadernos de Monitoramento - Programa Sanar – Volume 1**: Esquistossomose / Secretaria Estadual de Saúde. Secretaria Executiva de Vigilância em Saúde.- 1. ed. - Recife: Secretaria Estadual de Saúde, 2013.

SINAJUR. **Dicas:** Sistema Nacional de Assistência Jurídica, 2006. Disponível em: http://www.sinajur.org/dicas.php. Acesso em: 07 set. 2016.

TORTORA, G.J.; FUNKE, B.R.; CASE, CL. **Microbiologia.** 10. ed., Porto Alegre: Artmed, 2010.

WARD, B.; DUBUS, R. **Uma terra somente:** a preservação de um pequeno planeta. Tradução de Antônio Lamberti. São Paulo: Editora Edgard Blucher LTDA, 1972.

EIXO TEMÁTICO 5: SOLUÇÕES EM TECNOLOGIAS LIMPAS

5.1 Garrafas pet descartadas no meio ambiente: como acelerar sua degradação?

5.2 Avaliação da geração de biogás a partir da codigestão anaeróbia de papel higiênico e resíduos orgânicos oriundos de um *campus* do Instituto Federal De Pernambuco.

5.3 Estudo de concentração do peróxido de hidrogênio em fotocatálise combinada para a degradação do corante alimentício azul brilhante FCF.

5.4 Degradação do efluente têxtil por fotocatálise utilizando TiO_2 suportado em alumínio.

5.5 Processo oxidativo avançado para tratamento de corantes têxteis em reator confeccionado com material reciclado sob sistema de recirculação.

5.6 Tratamento de efluente têxtil por adsorção em casca de limão ativado.

5.1 GARRAFAS PET DESCARTADAS NO MEIO AMBIENTE: COMO ACELERAR SUA DEGRADAÇÃO?

PACHECO, João Antônio Lima
Graduando
Grupo de Sistemas Poliméricos Especiais, Radiorresistentes e Radiosensíveis da Universidade Federal de Pernambuco (SISPOLIMERR/DEQ/UFPE)
joca00lima@gmail.com

FARIAS, Renato Machado
Mestrando
Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Pernambuco (DMEC/UFPE)
renatomfarias00@gmail.com

PACHECO, Gabriela Ferreira
Graduanda
Grupo de Sistemas Poliméricos Especiais, Radiorresistentes e Radiosensíveis da Universidade Federal de Pernambuco (SISPOLIMERR/DEQ/UFPE)
gabi.f.pacheco@gmail.com

PACHECO, Ana Paula Lima
Doutora
Grupo de Sistemas Poliméricos Especiais, Radiorresistentes e Radiossensíveis da Universidade Federal de Pernambuco (SISPOLIMERR/DEQ/UFPE)
apclima@gmail.com

RESUMO

Os polímeros têm aumentado sua participação na composição do Resíduo Sólido Urbano (RSU). Anualmente, cerca de 4,7 bilhões de unidades de garrafas PET são descartadas no ambiente e especialistas ressaltam que reciclar não é a melhor opção, pois para isso há um gasto elevado de energia e água. Objetivando buscar opções para minimizar os impactos ambientais gerados pelas garrafas PET, foram utilizadas dez garrafas PET pós-consumo: aquecidas a 50 °C e 90 °C, expostas ao ar, por 24 horas. A caracterização foi feita por Espectroscopia no Infravermelho. A espessura média, cor e tipo de água (com ou sem gás) acondicionada também foram avaliadas. Os resultados mostraram que a espessura, cor e o tipo de água acondicionada não influenciam na degradação termo-oxidativa e que, provavelmente, os aditivos são responsáveis pela resistência apresentada. Foi observada a deformação das amostras: a temperatura de 50 °C, duas garrafas se apresentaram suscetíveis a degradação, porém nove garrafas degradaram a uma temperatura de 90 °C. Estes resultados demonstram que a metodologia utilizada acelera a degradação das garrafas PET, reduz o tempo de degradação e de ocupação deste material descartado no meio ambiente, reduz o volume destas embalagens nos aterros, além de possibilitar uma reciclagem mais econômica e fácil desse material.

PALAVRAS-CHAVE: Politereftalato de etileno, Resíduos sólidos, Reciclagem.

1. INTRODUÇÃO

Os termoplásticos constituem cerca de 80% dos polímeros produzidos mundialmente e são usados em aplicações como empacotamento de bebidas, em fibras da indústria têxtil, em materiais de construções e recobrimentos (DEWIL et al., 2006). Esses materiais podem ser leves, biocompatíveis, transparentes, macios, flexíveis e/ou biodegradáveis. Tais características fazem desses materiais alvos para aplicações médicas e de saúde pública se for considerado que 85% dos equipamentos médicos são compostos de dispositivos descartáveis que são usados apenas uma vez, como, por exemplo, seringas (SOUHRADA, 1988). Esses polímeros são custo-efetivos, dado que, uma vez obtida sua matéria-prima advinda do petróleo, necessitam de pouca energia para serem produzidos.

Cerca de 300 milhões de toneladas de polímeros são produzidos anualmente no mundo (HALDEN, 2010) e estima-se que 50% desse volume são destinados para aplicações de finalidades descartáveis de uso único, sendo esses produtos descartados dentro de um ano de sua compra (SOUHRADA, 1988).

O politereftalato de etileno (PET) é um polímero termoplástico usado em larga escala na forma de fibras, chapas e filmes. O PET é a resina poliéster mais importante produzida atualmente devido as suas excelentes propriedades mecânicas e químicas para as atividades para as quais é empregado (MONTENEGRO; MONTEIRO FILHA; PAN, 1996). Comercialmente, esse polímero é derivado das reações entre o ácido tereftálico e o etilenoglicol (NASCIMENTO; PACHECO; DIAS, 1996) e suas propriedades dependem do peso molecular, estrutura molecular, cristalinidade e presença de impurezas. Como o PET também apresenta baixa permeabilidade a gases e solventes, ele também tem um potencial anticorrosivo.

Há quatro maneiras pelas quais esses materiais poliméricos, baseados na nafta do petróleo, são comumente descartados: aterramento, incineração, reciclagem e biodegradação. Todos os polímeros podem ser descartados por incineração ou aterramento, entretanto aterros sanitários necessitam de espaço e a incineração libera produtos químicos; além disso, a energia contida na estrutura dos polímeros é perdida (HOPEWELL; DVORAK; KOSIOR, 2009). A incineração resulta na decomposição dos polímeros em dióxido de carbono, além de gases

de efeito estufa e poluentes (TYNDALL, 1861). Durante a incineração, parte da energia gerada pode ser reutilizada, porém essa técnica é conhecida por ter efeitos negativos ao meio ambiente e à saúde pública (HOPEWELL; DVORAK; KOSIOR, 2009).

Nas últimas três décadas, houve um aumento significativo no consumo de PET para empacotamento. O sucesso desse termoplástico na indústria deve-se à sua ampla diversidade de aplicações, desde a indústria têxtil (multifilamento) até as indústrias de alimentos. A reciclagem do PET não está acontecendo na mesma quantidade de sua produção (DUARTE et al., 2004; MOURA et al., 2015). Com o crescente uso deste tipo de material, principalmente na área de embalagens, cujo descarte é muito mais rápido quando comparado a outros produtos, tem-se um agravamento da situação dos locais de destino do lixo (MANCINI; FRATTINI; ZANIN, 1996). De acordo com a Associação Brasileira da Indústria do PET (Abipet), a reciclagem de PET no Brasil é uma das mais desenvolvidas no mundo, contando com alto índice de reciclagem e uma enorme gama de aplicações para o material reciclado (CONCEIÇÃO et al., 2016; SAUD et al., 2017), criando uma demanda constante e garantida. A 9ª edição do Censo da Reciclagem de PET no Brasil, feita pela Abipet, divulgada em 2016, aponta crescimento de 12%, comparado a 2013, na reciclagem de PET. A mais recente edição feita pela Abipet confirma a reciclagem de PET como uma atividade em crescimento, afirmando que foram coletadas 331 mil toneladas de embalagens de PET, que foram totalmente recicladas e/ou utilizadas em novos produtos aqui mesmo no Brasil.

Cerca de 4,7 bilhões de unidades por ano de garrafas PET são descartadas na natureza, contaminando rios e canais, indo para lixões ou mesmo espalhadas por terrenos vazios (Figura 1). Entre 1995 e 2005, a produção de PET para a fabricação de garrafas subiu de 120 mil toneladas para cerca de 374 mil toneladas, alavancada principalmente pela indústria de refrigerante. Apesar de 53% da produção ainda não ser reaproveitada, especialistas também lembram que a própria reciclagem não é a melhor opção. Para fazer a reciclagem do excedente atual, seriam necessários 224 milhões de quilowatts por hora de energia elétrica e 120 milhões de litros de água, o que geraria um alto custo ambiental e econômico, além de outros problemas. (MARIS et al., 2018; ROMÃO et al., 2009)

Figura 1. Garrafas PET descartadas indevidamente no rio Beberibe, Recife-PE.

Fonte: o autor (PACHECO, G.F., 2018).

Polímeros sintéticos podem demorar centenas de anos para degradar na superfície (GREGORY; ANDRADY, 2004) e, provavelmente, bem mais no fundo do oceano. A maioria dos polímeros sintéticos (polietileno, polipropileno) boiam na água enquanto alguns outros (polietileno de alta densidade e politereftalato de etileno) podem afundar (SUL; COSTA, 2014). A degradação desses materiais resulta na fragmentação em pequenos pedaços, os quais interagem com o ecossistema marinho de maneira adversa (NAPPER et al., 2016; WAGNER et al., 2014; WRIGHT; THOMPSON; GALLOWAY, 2013). Outro estudo revela que garrafas PET coletadas do ambiente submarino e caracterizadas por meio da técnica de ATR-FTIR (espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier – refletância total atenuada), com respeito à degradação potencialmente atribuída às condições ambientais, parecem permanecer praticamente intactas por aproximadamente 15 anos e, depois disso, observa-se uma diminuição significativa dos grupos funcionais nativos (IOAKEIMIDIS et al., 2016; SILVA et al., 2013).

No âmbito de coletar dados sobre uma alternativa para degradação acelerada do PET e sugerir formas de diminuir o tempo de permanência deste PET pós-consumo descartado no ambiente, consequentemente reduzindo seu impacto ambiental, este trabalho tem como objetivo principal avaliar o efeito termo-oxidativo que ocorre em garrafas PET pós-consumo expostas a diferentes temperaturas, ao ar e à pressão am-

biente. A pesquisa fez uso da técnica de espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier (FTIR) para verificar a estrutura do PET antes e após os ensaios.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O PET foi conhecido por muitos anos como simplesmente "poliéster" e somente na forma de fibra. A primeira síntese do PET se deu em 1941 por J.T. Dickson e J. W. Whinfíeld, em um pequeno laboratório inglês, porém a síntese do polímero com massa molar alta foi em 1942, com potencial reconhecido na época para aplicações como fibra. No decorrer da Segunda Guerra Mundial, foram feitos estudos secretos sobre esse material; ao final, algumas empresas já possuíam o direito de fabricação em todo o mundo (ROMÃO et al., 2009).

Nos anos 50, sua produção dedicou-se principalmente à indústria têxtil. Nos anos subsequentes, houve um grande desenvolvimento tecnológico na fabricação e aplicação do polímero, com um grau de sofisticação em um leque de filmes para os fins mais variados. Como material de embalagem, o filme de PET biorientado tornou-se disponível nos anos 60, com grande aceitação para acondicionamento de alimentos (ROMÃO et al., 2009). Na mesma década, uma fábrica renomada introduziu o novo termoplástico no auxílio da confecção de pneus.

Em 1973, o processo de injeção e sopro com biorientação desenvolvido por uma empresa americana introduziu o PET na aplicação como garrafa, o que revolucionou o mercado de embalagens, principalmente o de bebidas carbonatadas. O PET grau garrafa, entretanto, apenas se tornou disponível no Brasil em 1989. (ROMÃO et al., 2009)

O PET é um dos materiais de embalagem – assumindo a forma de filmes, lâminas, revestimentos e garrafas – de maior sucesso nas últimas décadas e com uma das maiores taxas de crescimento na aplicação, devido às suas características peculiares e versatilidade. Ele é um plástico de engenharia e possui uma excelente combinação de propriedades, como: rigidez, tenacidade, isolação elétrica, alta resistência ao calor e estabilidade química e dimensional, o que permite a sua vasta aplicação (KOROLKOV et al., 2014). Também é usado como material de construção civil (GUERRA et al., 2017), pois em decorrência da sua temperatura de fusão alta (aproximadamente 250 °C) e do valor de sua

transição vítrea (aproximadamente 70 °C), esse material conserva suas propriedades mecânicas boas em temperaturas superiores a 175 °C. Esse polímero pertence à família dos poliésteres, que são materiais que podem ser produzidos pela polimerização de um ácido dicarboxílico e um glicol ou um bifenol (álcool diidroxilados), com eliminação de água. São polímeros de cadeia heterogênea aromática e que tem grupo éster constituinte (R - CO - O - R'). A sequência alifática "R" (aberta, não cíclica) e o oxigênio na cadeia principal são responsáveis pela flexibilidade à temperatura ambiente, porém o grupo benzênico "R' "fornece rigidez, além de razoável interação eletrônica entre os anéis benzênicos vizinhos (CHEN et al., 2015; ROMÃO et al., 2009).

O consumo de produtos plásticos ao longo dos anos vem produzindo grande número de resíduos desse material, os quais se acumulam pelos aterros gerando problemas ambientais consideráveis (LINS et al., 2018; SIMÃO et al., 2017; FERREIRA; JUCÁ, 2017; SILVA et al, 2018, NORTH; HALDEN, 2013). De acordo com a Associação Brasileira de Embalagens (ABRE), entre as principais desvantagens dos plásticos estão os fatos de que, em sua maioria, não são biodegradáveis e levam mais de 100 anos para serem completamente degradados pela natureza. Além disso, sua produção geralmente emite gases poluentes ao meio ambiente, além de ser dependente do petróleo, um recurso natural não renovável do planeta.

No Brasil, a reciclagem de PET é uma das mais desenvolvidas no mundo, tendo a maior variedade de aplicações, e é uma atividade em constante crescimento (CONCEIÇÃO et al., 2016; MARIS et al., 2018; SILVA et al., 2016; FONTES, 2014). Em 2016, foram coletadas 331 mil toneladas de embalagens de PET. A correta destinação de cada uma dessas garrafas foi garantida, sendo totalmente recicladas e utilizadas em novos produtos.

O maior impedimento para o crescimento da reciclagem no Brasil é a alta carga tributária que incide sobre a matéria-prima reciclada, sendo o imposto sobre os produtos industrializados (IPI) reciclados (12%) superior ao cobrado sobre a resina virgem (10%). A aplicação do PET pós-consumo na indústria têxtil (43%) impulsiona o crescimento na sua reciclagem (DUARTE et al., 2016). No Brasil, não é encontrada uma aplicação mais nobre para esse material que apresente propriedades de engenharia e preço de *commodity*. Apesar do amplo mercado

consumidor, a indústria de reciclagem de PET está no limiar de uma nova fase, na qual o PET pós-consumo poderá ser aplicado para a fabricação de novas embalagens de alimentos e bebidas, ampliando ainda mais o mercado consumidor deste material. (ROMÃO et al., 2009)

Futuramente, novas tecnologias de limpeza do PET reciclado serão implementadas no cenário comercial brasileiro. Com o aval da legislação, existe uma grande expectativa de que o Brasil atinja o maior índice de reciclagem mecânica no cenário mundial, devido à expansão do mercado consumidor do PET pós-consumo. Isso se deve ao fato do Brasil possuir um grande segmento do mercado de plásticos destinado à indústria de embalagens e de alimentos.

A degradação termo-oxidativa ocorre na presença de calor e oxigênio, resultando na formação de grupos cromóforos, os quais são responsáveis por variações de cor. O PET reprocessado varia de cor tornando-se amarelo escuro e marrom, conforme o tempo de aquecimento. A degradação termo-oxidativa do PET durante o seu reprocessamento é um fenômeno indesejável e deve ser evitada quando boas propriedades ópticas são exigidas, como por exemplo, em embalagens transparentes de bebidas. Edge et al.(1996) estudaram a degradação termo-oxidativa do PET à uma temperatura de 300 °C durante o período de 24 horas. Através de técnicas de UV-visível, infravermelho e fosforescência, eles observaram a formação de espécies quinonas e ésteres insaturados a partir da hidroxilação do anel aromático. Estilbenoquinonas (1,2-difeniletenoquinona) também podem ser formadas pela descarboxilação direta, seguida por recombinação e oxidação radicalar (KOSCHEVIC et al., 2016; ROMÃO et al., 2009).

3. METODOLOGIA

No presente trabalho, foram utilizadas garrafas PET pós-consumo como instrumento de avaliação, para ensaiar, avaliar e determinar condições de degradação termo-oxidativa acelerada dessas embalagens. Foram avaliados dez tipos de amostras de garrafas PET de água mineral (500mL) pós-consumo utilizadas na Região Metropolitana do Recife (RMR), das quais: duas acondicionaram água com gás e oito, água sem gás; e sete apresentavam coloração cristal incolor e três, azul. As amostras das garrafas foram identificadas com letras do alfabeto, de A a J, e foram aquecidas expostas ao ar e à pressão ambiente.

Um micrômetro da marca Mitutoyo, modelo PB-1A, foi utilizado para aferir as espessuras. As garrafas foram cortadas ao meio, na vertical, e as espessuras médias foram obtidas por seis medidas por garrafa, três em cada banda, sendo uma próxima à base, uma no centro e uma próxima ao gargalo.

O aquecimento das amostras foi realizado no Laboratório de Materiais Poliméricos e Caracterização do Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal de Pernambuco (LMPC-DEQ-UFPE), em uma estufa que possui circulação de ar, da ABC LABOR. As amostras foram cortadas nas dimensões de 2 cm x 2 cm e aquecidas durante 24 horas, nas temperaturas de 50 ºC e 90 ºC.

Análises de FTIR foram realizadas nas amostras controle e aquecidas (50 °C e 90 ºC) com espectrofotômetro locado no Laboratório de Polímeros e Nanoestruturas do Departamento de Energia Nuclear da Universidade Federal de Pernambuco (LPN-DEN-UFPE). As análises foram realizadas pela técnica de Attenuated Total Reflection (ATR) com 4 cm^{-1} de resolução e 32 *scans*, no FT-IR modelo 4600 da Jasco. Foram feitas análises multivariadas exploratórias dos dados espectrais através da Análise de Componentes Principais (PCA, acrônimo do inglês *Principal Component Analysis*), empregando o *software* The Unscrambler versão 9.7 (CAMO Software AS).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As espessuras médias (Figura 2) para cada uma das 10 garrafas PET pós-consumo analisadas foram: A – 0,28 mm; B – 0,13 mm; C – 0,25 mm; D – 0,20 mm; E – 0,14 mm; F – 0,17 mm; G – 0,17 mm; H – 0,16 mm; I – 0,21 mm; e J – 0,21 mm.

Foram observadas as variações das áreas superficiais das amostras antes e após as exposições às condições termo-oxidativas (Figura 3). A área superficial de cada amostra antes do aquecimento foi de aproximadamente 4 cm^2. O valor da transição vitrea (Tg) esperado para o PET é de aproximadamente 70 °C (ROMÃO et al., 2009); no entanto, após os aquecimentos das amostras, foi possível observar, visualmente, variações nas dimensões superficiais de duas amostras (C e D), expostas a 50 °C por 24h. Essa mobilidade nas cadeias indica maior sensibilidade às condições termo-oxidativas as quais foram expostas.

Figura 2. Amostras de garrafas PET pós-consumo, descartadas na região metropolitana do Recife, com suas respectivas espessuras médias.

Fonte: o autor (PACHECO, J.A.L., 2018).

Durante o aquecimento a 90 °C, sete amostras apresentaram uma evidente contração, mostrando que os aditivos que favoreciam a estabilidade térmica e possivelmente estrutural já não estavam atuando de maneira eficaz nessas condições. As amostras C, D, E, G, H, I e J foram as que mais deformaram, se mostrando mais sensíveis à exposição termo-oxidativa. Nesse caso, provavelmente os estabilizantes secundários não estão mais conseguindo prevenir as reações de degradação termo-oxidativa do PET. Esses estabilizantes são à base de fósforo (P) e, normalmente, são adicionados com os catalisadores durante o processamento e reprocessamento do PET, com a finalidade de prevenir reações de degradação termo-oxidativa, inibindo a etapa de propagação e transformação do grupo hidroperóxido em produtos não radicalares (DE PAOLI, 2008).

As amostras B e F se mostraram menos sensíveis ao aquecimento a 90 °C, porém apresentaram comportamento semelhantes ao das

amostras C e D aquecidas a 50 °C. A amostra A foi a que apresentou maior resistência às condições termo-oxidativas experimentais, aparentemente não indicando variação dimensional.

Figura 3. Comparação entre amostras padrão (controle) de garrafas PET, pós consumo, e amostras aquecidas a 50 ºC e 90 ºC, durante 24 horas, e expostas simultaneamente a circulação de ar.

A retração de 70% das amostras a uma temperatura de 90°C (relativamente baixa, quando comparada à temperatura de fusão do PET, estimada em ~280 °C) pode ser utilizada como opção para redução do volume ocupado por essas garrafas descartadas no meio ambiente, sendo extremamente vantajosa se compararmos com os custos da energia que seria utilizada com a reciclagem por incineração (liberação de gases poluentes e tóxicos) ou mecânica (desperdício e contaminação dos recursos hídricos). Além disso, esse aquecimento promove a mobilidade das cadeias e facilita a degradação desse polímero, reduzindo seu tempo de decomposição e, consequentemente, de deposição no ambiente.

Avaliando as variações dimensionais focando nas espessuras, as amostras com maiores espessuras médias, A (0,28 mm) e C (0,25 mm),

que são utilizadas para acondicionar água mineral com gás, apresentaram comportamentos divergentes: a amostra "C" se mostrou sensível à temperatura de 50°C, enquanto a amostra "A" manteve-se mais resistente até 90° C. As amostras B (0,1 3mm) e F (0,14 mm), de menores espessuras médias, apresentaram uma boa resistência a ambas as condições termo-oxidativas. Sendo assim, as observações mostram que a espessura da garrafa não é o fator mais relevante para interferir na sensibilidade termo-oxidativa do PET pós-consumo. O tipo de aditivo e suas concentrações é que vão determinar a capacidade termo-degradativa deste material.

A análise do comportamento das amostras que apresentavam corante azul (garrafas D, F e G) sugere que a presença desse corante não deve estar influenciando na sensibilidade das amostras, visto que o PET da garrafa D se apresentou sensível às condições de termo-oxidação a 50 °C, enquanto as amostras F e G foram resistentes. Durante a exposição a 90°C, a amostra F permaneceu resistente enquanto D e G foram sensibilizadas, apresentando significativas variações dimensionais.

A avaliação por espectroscopia na região do infravermelho, FTIR, permitiu observar melhor se a presença dos aditivos, mesmo em uma proporção muito baixa em relação à resina de PET, pode estar interferindo na capacidade desse material de resistir às condições experimentais, tornando o PET mais resistente a um possível efeito termo-oxidativo. Foram comparadas todas as amostras controle (padrão) por FTIR e a observação dos espectros indicou que independentemente do fornecedor, da presença de corantes, do dimensionamento das garrafas para acondicionar água mineral com ou sem gás e dos aditivos presentes em sua composição, o comportamento espectroscópico mostrou que todas são similares (Figura 4). Foram observadas as bandas características para o PET em: 2850 – 3000 cm^{-1} atribuídas ao grupo – CH_2 (estiramentos simétricos das ligações -CH); 1720 cm^{-1} da vibração da carbonila (C = O); 1242, 1120 e 1050 cm^{-1} das vibrações do C – O; em 1240 e 1092 cm^{-1} são das bandas estiramentos C–C–O e O–C–C. A presença do anel benzênico no polímero pode ser identificada pela vibração de deformação do grupo ═C─H, observada a 3049 cm^{-1}; do grupo C═C, a 1503 – 1598 cm^{-1}; e a faixa entre 650 e 900 cm^{-1} que também é característica dos anéis benzênicos (C–H das vibrações das estruturas do anel aromático (NASEF, 2002; CHEN et al., 2012).

Por se tratar de componentes adicionados em concentrações muito reduzidas e também pela impossibilidade de visualizar, pelo FTIR, a

presença de aditivos (estabilizantes e corantes), pois os mesmos poderiam ser confundidos com picos de base e ruídos intrínsecos ao equipamento de FTIR, foi realizada a análise multivariada exploratória dos dados espectrais por meio da Análise de Componentes Principais (PCA). Os resultados obtidos com os dados brutos ou pré-processados também não apontaram diferenças entre os espectros de FTIR das amostras, sugerindo que os aditivos não estão agindo de forma a modificar o comportamento da estrutura do PET antes da termo-oxidação.

Figura 4. Espectros de FTIR, de amostras de garrafas PET pós-consumo, utilizadas para acondicionamento de água mineral com e sem gás.

O PET é susceptível à degradação térmica, especialmente na presença de água e/ou oxigênio. Seus principais produtos de degradação são o acetaldeído, o benzoato de vinila, o ácido tereftálico, o ácido 4-formilbenzóico e os dímeros lineares. Como produtos secundários de degradação podem ser citados o monóxido de carbono, o etileno, a cetena, o 1,4-dioxano, o tolueno, o benzaldeído, o tereftalato de divinila, o ácido benzóico e oligômeros cíclicos com

até três unidades méricas. (GARCIA et al., 1997). Avaliando os espectros de FTIR das amostras submetidas a 50 °C, não foram observadas variações; no entanto a 90 °C (Figura 5) se observa: aumento sutil na região do grupo hidroxila (OH) em aproximadamente 3400 cm^{-1} (1); aumento evidente dos picos na região de 2850 – 3000 cm^{-1} atribuídas ao grupo – CH_2 (2); aumento da intensidade do pico da carbonila (3); não foi observada variação nem surgimento de novos picos em 1560 e 1410 cm^{-1} (4), região das bandas dos grupos fenil e metileno. Esse comportamento sugere que a termo-oxidação foi efetiva, gerou o aparecimento de grupos hidroxila (OH) e carbinila (C=O), evidenciando a degradação do PET. Como não foi perceptível a variação dos picos na região 4 (Figura 5), podemos sugerir que as estruturas benzênicas se mantiveram conservadas para essas condições de avaliação. Sendo assim, todas as estruturas advindas da degradação do benzeno, citadas por Garcia (1997), podem ser desconsideradas nesta avaliação, pelo menos até que outras formas de caracterização sejam utilizadas para análise desses materiais.

Edge et al. (1996) caracterizaram, por técnicas de UV-visível, infravermelho e fosforescência, a degradação termo-oxidativa do PET a uma temperatura de 300 °C durante o período de 24 horas. Eles observaram a formação de espécies quinonas (banda no FTIR em 1650 – 1660 cm^{-1}) e ésteres insaturados (duas bandas no FTIR em 1.200 – 1.275 cm^{-1} e 1.020 – 1.075 cm^{-1}) a partir da hidroxilação do anel aromático (banda no FTIR em 1.200 cm^{-1}). Com relação a termo-oxidação promovida no material avaliado no presente, o não deslocamento e o não surgimento de pico de C=O no espectro, em 1650-1660 cm^{-1}, sugere a não formação de espécies quinonas. Para as outras espécies, citadas por Edge et al., suas respectivas bandas surgiriam nas regiões onde já existiam bandas características do PET, não sendo possível determinar por essa técnica se as mesmas foram formadas.

Figura 5. Espectros de FTIR, de amostras de garrafas PET pós-consumo, utilizadas para acondicionamento de água mineral com e sem gás, aquecidas a 90°C, expostas ao ar, por 24 horas.

5. CONCLUSÕES

A espessura das garrafas PET não são relevantes para influenciar na degradação do PET pós-consumo avaliado, bem como a coloração e o tipo de água acondicionada nessas garrafas. A termo-oxidação a 50 °C não foi considerada efetiva, pois apenas 20% do material avaliado apresentaram variação dimensional. Nessas condições experimentais, não foi possível perceber por espectroscopia FTIR se ocorreram variações estruturais no PET. Já a 90 °C foi detectada degradação termo-oxidativa em 90% das amostras avaliadas.

Os resultados mostram que o aquecimento a 90 °C do PET pós-consumo sob atmosfera de ar promove a aceleração de sua degradação. A retração das amostras e sua oxidação durante esse processo pode

servir como proposta de utilização dessas condições para acelerar a degradação de garrafas PET descartadas no ambiente. Têm-se também, como possível contribuição: a redução no tempo de degradação desse material descartado; a diminuição no tempo de ocupação e do volume dessas embalagens nos aterros sanitários; e a diminuição do consumo de energia por conta da redução do número de reciclagens que seriam necessárias para retirada desse material do ambiente.

Com esses resultados, podemos sugerir a trituração e o preaquecimento do material das garrafas PET antes de seu descarte, para que sua degradação seja potencializada, assim diminuindo o tempo de exposição desse material no ambiente, bem como sua ocupação em áreas de descartes, visto que há uma grande diminuição no volume deste material.

REFERÊNCIAS

CHEN, T. ; ZHANG, W.; ZHANG, J. Alkali resistance of poly(ethylene terephthalate) (PET) and poly(ethylene glycol-co-1,4-cyclohexanedimethanol terephthalate) (PETG) copolyesters: The role of composition. **Polymer Degradation and Stability**, v. 120, p. 232-243, 2015.

CHEN, Z.Y.; HAY. J.N.; JENKINS M.J. FTIR spectroscopic analysis of poly(ethylene terephthalate) on crystallization. **European Polymer Journal**, v. 48, n. 9, p.1586-1610, 2012.

CONCEIÇÃO, R. D. P. da et al. A cadeia de reciclagem de pet pós-consumo e as definições de suas etapas: um estudo de caso no Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais (Online)**, n. 39, p. 80–96, 2016.

DE PAOLI, M.A. **Degradação e Estabilização de Polímeros**, Artliber, p. 2,31-33 e 162, 2008.

DEWIL, R.; EVERAERT, K.; BAEYENS, J. The European plastic waste issue: trends and toppers in its sustainable re-use. **Proceedings of the 17th International Congress of Chemical and Process Engineering**, 27–31 August, Prague, Czech Republic, 2006.

DUARTE, I. S. et al. Chain extension of virgin and recycled poly(ethylene terephthalate): Effect of processing conditions and reprocessing. **Polymer Degradation and Stability**, v. 124, p. 26–34, 2016.

DUARTE, L.T. et al. Production and characterization of thermally sprayed polyethylene terephthalate coatings. **Surface and Coatings Technology**, v. 182, n. 2-3, p. 261–267, 2004.

EDGE, M.; WILES, R.; ALLEN, N.S.; MCDONALD, W.A.; MORTLOCK, S.V. Characterisation of the Species Responsible for Yellowing in Melt Degraded Aromatic Polyesters – I: Yellowing of Poly(ethylene terephthalate), **Polymer Degradation and Stability**, v. 53, p. 141-151, 1996.

FERREIRA, C. F. A; JUCA, J. F. T. Metodologia para avaliação dos consórcios de resíduos sólidos urbanos em Minas Gerais. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, vol.22, n.3, pp.513-521. 2017.

FONTES, A. T. M. **Desvendando a logística reversa de embalagens Pet no Brasil**: uma análise da legislação e da Percepção de especialistas. 142 f.; Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente, Águas e Saneamento) — Universidade Federal da Bahia, 2014.

GARCIA, E. E. C. Você Conhece o Lado Químico do PET?, **Boletim de Tecnologia e Desenvolvimento de Embalagens**, v. 9, n. 4, p. 1-3, 1997.

GUERRA, A.S.; ROCHA, E.R.D.; OKABAYASHI, J.Y. Estudo de viabilidade técnica para a reutilização de Polietileno Tereftalato (PET) residual em substituição ao agregado miúdo no concreto. **Mix Sustentável**, Florianópolis, v.3, n.3, p.35-40, 2017.

GREGORY, M. R.; ANDRADY, A.L. Plastics in the Marine Environment. **Plastics and the Environment**, p. 379–401, 2004.

HALDEN, R.U. Plastics and Health Risks. **Annual Review of Public Health**, v. 31, n. 1, p. 179–194, 2010.

HOPEWELL, J.; DVORAK, R.; KOSIOR, E. Plastics recycling: challenges and opportunities. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 364, n. 1526, p. 2115–2126, 2009.

IOAKEIMIDIS, C. et al. The degradation potential of PET bottles in the marine environment: An ATR-FTIR based approach. **Scientific Reports**, v. 6, n. 1, 2016.

KOROLKOV, I.V.; MASHENTSEVA, A.A.; GÜVEN, O.; NIYAZOVA D.T.; BARSBA, M.; ZDOROVETS, M.V. The effect of oxidizing agents/systems on the properties of track-etched PET membranes. **Polymer Degradation and Stability**, v. 107, p. 150-157, 2014.

KOSCHEVIC, M.T.; BITTENCOURT, P.R.S. Meio ambiente e materiais poliméricos: Breves considerações com ênfase ao Politereftalato de Etileno (PET) e processos de degradação. **Revista Eletrônica Científica Inovação e Tecnologia**, v. 2, n. 14, p. 60-80, 2016.

LINS, E. A. M.; LINS, C. M. M. S.; SANTOS FILHO, A. G. N. Contaminação de lençol freático por lixiviado de aterros de resíduos urbanos. **Resíduos sólidos: Impactos Socioeconômicos e Ambientais**, Gampe/UFRPE, Recife, 1ª edição, p. 507-520, 2018.

MANCINI, S. D.; FRATTINI, G.; ZANIN, M. Reciclagem como alternativa viável para a minimização dos resíduos sólidos urbanos, **4ª Reunião da Sociedade Brasileira de Pesquisadores Nikkeis**, São Carlos, SP, 1996.

MARIS, J.; BOURDON, S.; BROSSARD, J.-M.; CAURET, L.; MONTEMBAULT, V. Mechanical recycling: Compatibilization of mixed thermoplastic wastes. **Polymer Degradation and Stability**, v. 147, p. 145-266, 2018.

MONTENEGRO, R.S.P.; MONTEIRO FILHA, D.C.; PAN, S.S.K. **Resina PET para Recipientes**, BNDES Setorial, São Paulo, 1996.

MOURA, R. G.; LOPES, P. L; SILVA, L. V; BALDEZ, P. P.; Logística Reversa das Garrafas Pet, sua Reciclagem e a Redução do Impacto Ambiental, **XI Congresso Nacional de Excelência em Gestão**, agosto de 2015.

NAPPER, Imogen; THOMPSON, Richard. Release of synthetic microplastic plastic fibres from domestic washing machines: Effects of fabric type and washing conditions. **Marine Pollution Bulletin**, v. 112, n. 1-2, p. 39–45, 2016.

NASEF, M.M. Structural investigations of poly(ethylene terephthalate)-*graft*-polystyrene copolymer films, **Journal of Applied Polymer Science** v.84, n. 6, p. 1949-1955, 2002.

NASCIMENTO, C.R.; PACHECO, E.B.; DIAS, M.L. **Revista de Química Industrial**, v. 706-707, p. 14–21, 1996.

NORTH, E.J.; HALDEN, R.U. Plastics and environmental health: the road ahead. **Reviews on Environmental Health**, v. 28, n. 1, p. 1–8, 2013.

ROMÃO, W.; SPINACÉ, M.A.S.; DE PAOLI, M.A. Poli(Tereftalato de Etileno), PET: Uma Revisão Sobre os Processos de Síntese, Mecanismos de Degradação e sua Reciclagem. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, vol. 19, nº 2, p. 121-132, 2009.

SAUD, F.D.; FARIAS FILHO, J.R.; QUELHAS, O.L.G. Análise dos processos de recuperação das embalagens PET - Uma Contribuição da Logística Reversa. **Revista Espacius**, v. 37, n. 18, p. 1– 16, 2017.

SIMÃO, N. M.; NEBRA, S. A.; SANTANA, P. H. M. A educação para o consumo sustentável como estratégia para redução de resíduos sólidos urbanos. **Resíduos sólidos:** Abordagens Práticas em Educação ambiental, Gampe/UFRPE, Recife, 2ª edição, p. 173-182, 2017.

SILVA, C.O.; SANTOS, G. M.; SILVA, L. N. A degradação ambiental causada pelo descarte inadequado das embalagens plásticas: estudo de caso. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental – REGET**, v. 13, n. 13, p. 2683- 2689, 2013.

SILVA, R. C. P.; BEZERRA, R. P. Lins; EL-DEIR, S. G.; JUCÁ, J.F.T. Avaliação do modelo de gestão dos resíduos sólidos urbanos da cidade de Recife, Pernambuco. Resíduos sólidos: **O desafio da Gestão Integrada de Resíduos Sólidos face aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável**, Gampe/UFRPE, Recife, 1ª edição, p. 249-259, 2016.

SILVA, R. C. P. da; JUCA, J. F. T.; EL-DEIR, S. G. Correlação da Renda e Geração de Resíduos Sólidos nos Setores de Coleta de Resíduos Sólidos Domiciliares da Cidade de Recife/PE, Brasil. In: Daniel Pernambucano de Mello; Soraaya Giovanetti El-Deir; Rodrigo Cândido Passos da Silva, João Paulo de Oliveira Santos. (Org.). **Resíduos Sólidos:** gestão pública e privada. 1ed.Recife: Edufrpe, v. 1, p. 331-343, 2018.

SOUHRADA, L. **Reusables revisited as medical waste adds up. Hospitals.** 1988.

SUL, J.A.I.; COSTA, M.F. The present and future of microplastic pollution in the marine environment. **Environmental Pollution**, v. 185, p. 352–364, 2014.

TYNDALL, J. XXIII. On the absorption and radiation of heat by gases and vapours, and on the physical connexion of radiation, absorption, and conduction. The bakerian lecture. **The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science**, v. 22, n. 146, p. 169–194, 1861.

WAGNER, Martin et al., Microplastics in freshwater ecosystems: what we know and what we need to know. **Environ. Sci**. Eur. v.26, n.1, 2014. http://dx. doi.org/10.1186/s12302-014-0012-7 Wagner, Martin Scherer, Christian Alvarez– Muñoz.

WRIGHT, S.L.; THOMPSON, R.C.; GALLOWAY, T.S. The physical impacts of microplastics on marine organisms: A review. **Environmental Pollution**, v. 178, p. 483–492, 2013.

5.2 AVALIAÇÃO DA GERAÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DA CODIGESTÃO ANAERÓBIA DE PAPEL HIGIÊNICO E RESÍDUOS ORGÂNICOS ORIUNDOS DE UM *CAMPUS* DO INSTITUTO FEDERAL DE PERNAMBUCO

MARQUES, Daniele Cristina
Estudante do Curso Técnico em Meio Ambiente
Instituto Federal de Pernambuco – *campus* Cabo de Santo de Agostinho – PE, Brasil
danielemarques29@gmail.com

GOMES, Devson Paulo Palma
Docente do Curso Técnico em Meio Ambiente
Instituto Federal de Pernambuco – *campus* Cabo de Santo de Agostinho – PE, Brasil
devson.palma@cabo.ifpe.edu.br

PAZ, Diogo Henrique Fernandes
Docente do Curso Técnico em Meio Ambiente
Instituto Federal de Pernambuco – *campus* Cabo de Santo de Agostinho – PE, Brasil
diogo.paz@cabo.ifpe.edu.br

BONFIM, Ana Carolina Santos Freire
Graduanda em Engenharia Civil
Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco
bonfimacarolina@gmail.com

RESUMO

A grande geração de resíduos sólidos e o aumento no consumo de água nos centros urbanos geram, ao longo do tempo, sérios problemas ambientais. Quando se trata da influência do papel higiênico e resíduos orgânicos nos esgotos domésticos, esse é ainda um assunto pouco explorado e, portanto, um tema importante para novas pesquisas. Dessa forma, diversos estudos ao redor do mundo recomendam a utilização da codigestão anaeróbia para tratamento de restos de alimentos e resíduos de papel com o intuito de obter a produção controlada de biogás e de reduzir a sua disposição em aterros sanitários. O presente trabalho tem como objetivo avaliar a produção de metano a partir do papel higiênico e resíduos orgânicos por meio de testes de BMP (Potencial Bioquímico de Metano). Após a análise dos resultados preliminares, verificou-se uma possível sinergia na produção de metano resultante da codigestão dos substratos, produzindo maiores quantidades médias de metano em relação aos substratos de forma separada. Logo, a codigestão anaeróbia pode ser uma alternativa para a disposição de resíduos orgânicos e papel higiênico em consórcio com os efluentes gerados em *campus* do Instituto Federal de Pernambuco (IFPE), com objetivo de produzir biogás e, consequentemente, gerar energia.

PALAVRAS-CHAVE: Biodegradabilidade, Geração de energia, Teste BMP.

1. INTRODUÇÃO

O aumento do consumo de água nos centros urbanos gera, simultaneamente, maior volume de esgotos sanitários domésticos. Esses, por sua vez, exigem uma destinação adequada, caso contrário, pode haver risco de poluição do solo e de contaminação dos ecossistemas aquáticos. Essa realidade confirma a importância do desenvolvimento e adaptação de tecnologias economicamente viáveis de tratamento de águas residuárias no País (SOUZA, 2006).

A tecnologia anaeróbia, em particular aquela que emprega reatores de manta de lodo ou reatores tipo UASB, tem ampla aceitação no Brasil, sobretudo por conta do clima tropical, do reduzido volume de investimentos e da boa remoção da carga orgânica afluente aos rios (SOUZA, 2006; VON SPERLING, 2005; CHERNICHARO, 2007).

Quando se trata da influência do papel higiênico presente nos esgotos domésticos, esse é ainda um assunto pouco explorado e, portanto, um tema importante para novas pesquisas. Em virtude das descargas de papel higiênico junto aos dejetos, frequentemente observadas em locais servidos por sistemas de coleta de esgotos, verifica-se que grande parte dos sólidos suspensos e matéria orgânica nos afluentes das estações de tratamento de efluentes, em países desenvolvidos (Japão, Holanda, Estados Unidos) e em desenvolvimento como o Brasil, deve-se à presença desse material nos esgotos domésticos (HONDA et al, 2002; EREN e KARAGDALY, 2012; RUIKEN et al, 2013; CHEN et al, 2017; GOMES, 2016).

Além do papel higiênico, outro tema de bastante interesse consiste na possibilidade de disposição de resíduos orgânicos (restos de alimentos cozidos e crus, frutas e vegetais) junto aos efluentes domésticos. Atualmente, os resíduos orgânicos são responsáveis pelo aumento na geração de gases de efeito estufa e lixiviados em aterros sanitários, devido à sua alta biodegradabilidade (PAVI et al., 2017). Dessa forma, diversas regulamentações e estudos ao redor do mundo orientam a utilização da codigestão anaeróbia para tratamento de resíduos orgânicos (restos de alimentos) e resíduos de papel, com o intuito de obter a produção controlada de biogás e a redução da sua disposição em aterros sanitários (PAVI et al., 2017; DI MARIA et al., 2015).

Nesse contexto, alinhado às metas propostas no campo do tratamento de resíduos sólidos e efluentes pelo Projeto de Desenvolvimento de

um sistema de Gestão Ambiental para o Instituto Federal de Pernambuco (IFPE), o presente estudo tem como objetivo avaliar, em escala laboratorial, a degradação metanogênica de resíduos orgânicos (restos de alimentos) e papel higiênico oriundos de um *campus* do IFPE por meio da aplicação de testes BMP (Potencial Bioquímico de Metano).

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A codigestão anaeróbia consiste na degradação simultânea de uma mistura homogênea de dois ou mais substratos (GANESH et al., 2013; JABEEN et al., 2015). Tradicionalmente, a digestão anaeróbia emprega apenas um único substrato para tratamento, porém diversos estudos realizados (MARAGKAKI et al.,2017; NGHIEM et al., 2017; XIE et al., 2017; CHEN et al., 2014; FITAMO et al., 2016; MU et al., 2017; PAVI et al., 2017; ZHOU et al., 2014; SILVESTRE et al., 2014; LIU et al., 2016; WANG et al., 2016) demonstram que ao se aplicar uma variedade de substratos (resíduos da agricultura, resíduos de jardins, restos de alimentos, estercos de animais, resíduos de papel, lodo de estações de tratamento, resíduos industriais, etc.) pode-se aumentar a estabilidade operacional do processo. Entre as vantagens da codigestão anaeróbia é possível citar: suprimento de nutrientes; capacidade tampão ao sistema; diluição de componentes tóxicos ou inibitórios; ajuste da razão C/N dos substratos; e, consequentemente, aumento na produção de biogás (WEILAND, 2010; HIDAKA et al., 2013; ZHOU et al., 2014; LIU et al., 2015; FITAMO et al., 2016; PAVI et al., 2017; NGHIEM et al., 2017).

Na Dinamarca, por meio de incentivos a políticas de energias renováveis e reaproveitamento de resíduos urbanos, constatou-se a necessidade de diversificar a utilização de matérias-primas (resíduos de gramas e de jardim, resíduos de alimentos, lodos de esgoto, etc.) para a digestão anaeróbia (FITAMO et al., 2016). Nesse contexto, um estudo realizado por Fitamo et al. (2016) teve como objetivo investigar o efeito sinérgico da codigestão anaeróbia entre lodos de estações de tratamento (misto de lodo primário e secundário) com resíduos de comida, de grama e de jardim por meio de dois reatores do tipo tanque agitado contínuo (CSTR), com volumes de 7,5 L em condições termofílicas (55 ºC), sob tempos de detenção hidráulica (TDH) de 15, 20 e 30 dias. Por meio da análise dos resultados, percebeu-se que o TDH ótimo do ex-

perimento foi o de 15 dias, pois apresentou o melhor equilíbrio entre produção de biogás, teor de metano e estabilidade operacional nos reatores. Os reatores denominados R1 e R2, que utilizaram diferentes proporções de substratos na codigestão anaeróbia, apresentaram uma produção de metano de 48% e 35% superior a um reator tratando apenas lodo de estação de tratamento com o TDH de 30 dias, respectivamente.

No Japão, as folhagens advindas de espaços públicos (restos de gramas, podas de madeira e folhas de árvores) vêm se tornando uma das principais fontes de substratos para codigestão anaeróbia com lodos oriundos de estações de tratamento (HIDAKA et al., 2013). Nesse cenário, Hidaka et al. (2013) avaliaram a codigestão anaeróbia entre resíduos de gramas recolhidos de áreas públicas com lodos de estações de tratamento, por meio de experimentos em batelada e semicontínuos. Em relação aos testes em batelada, verificou-se que a maior produção de metano foi próxima de 0,2 NL/g SV advinda da mistura entre lodo e resíduos de grama com granulometria de 20 mm. No experimento contínuo, constatou-se que o reator com a proporção de 10:1 em Sólidos Totais de lodo e resíduos de grama, respectivamente, apresentou a melhor média de produção de metano (0,09 NL/g SV). De forma geral, o autor conclui que com a adição de resíduos de grama como cosubstratos na codigestão anaeróbia com lodo de estações de tratamento atingiu-se um acréscimo na razão de C/N, suprimento de nutrientes-traços (Níquel e Cobalto) e aumento da produção de metano em relação à monodigestão do lodo (Controle).

No Paquistão, um dos principais desafios atuais reside na necessidade do gerenciamento de resíduos de alimentos (batatas, vegetais, frango, carne e arroz cozido) e de agricultura (principalmente, palha de arroz) que são gerados em grandes quantidades e são potenciais fontes de poluição do meio ambiente (JABEEN et al., 2015). A codigestão anaeróbia dos resíduos orgânicos surge como uma das promissoras alternativas para o tratamento desse problema, devido à associação entre as características dos resíduos de alimentos (baixa razão C/N e alta biodegradabilidade) com as dos resíduos de cultivos agrícolas (alta razão C/N e baixa biodegradabilidade), que pode levar ao incremento na produção de biogás (CHEN et al., 2014; JABEEN et al., 2015). Neste cenário, Jabeen et al. (2015) avaliou a eficácia da codigestão anaeróbia de resíduos de comida e de cascas de arroz para geração de biogás

através de variações nas cargas orgânicas aplicadas a reatores com alto teor de sólidos sob condições mesofílicas (37 ºC). Inicialmente, foram efetuados testes em batelada com baixas cargas orgânicas (1 a 4 kg SV/ m^3/d) e, posteriormente, foi empregado um reator em modo contínuo com altas cargas orgânicas (5, 6 e 9 kg SV/m^3/d). Por meio da análise dos resultados, verificou-se que a carga orgânica de 6 kg SV/m^3/d apresentou os maiores valores de produção diária de biogás (196 L/d) e de taxa de produção de gases (2,36 L/L/d). Entre as conclusões, o autor sugere que não é viável a alimentação com carga orgânica igual ou superior a 9 kg SV/m3/d, devido a ocorrências de distúrbios operacionais nos reatores relacionadas à redução na produção de biogás e na eficiência da remoção de sólidos voláteis.

Resíduos de agricultura (arroz, milho e trigo) e estercos de animais (vaca e porco) são dois dos principais resíduos orgânicos produzidos em áreas rurais (LI et al., 2015). A palha de arroz apresenta alta razão de C/N e é constituída em grande parte por biomassa lignocelulósica (celulose, hemicelulose e lignina), de modo que se recomenda a codigestão anaeróbia com estercos de animais com a finalidade de balancear a razão C/N dos substratos, por meio da adição de nitrogênio (LI et al., 2015; WEILAND, et al. 2010). Nesse âmbito, diversos estudos referem-se à codigestão anaeróbia desses dois tipos de substratos, porém, geralmente, os experimentos são realizados apenas em escala laboratorial e em modo batelada, restando poucas informações a respeito dos efeitos das variações de cargas orgânicas de reatores em escala piloto e modo contínuo. Com o objetivo de preencher essa lacuna, Li et al. (2015) realizaram um experimento constituído por duas etapas. A primeira etapa foi baseada na realização de testes em batelada com reatores de 2,5 L para encontrar a proporção ótima de mistura do codigestão anaeróbia entre resíduos de palha de arroz e esterco de vaca. Após encontrar a razão ótima entre os substratos, foram verificados os impactos decorrentes da utilização de diversas cargas orgânicas (3,0; 3,6; 4,2; 4,8; 6,0; 8,0 e 12 kgSV/m^3) em reatores contínuos com volumes de 40 L. Os resultados do experimento em batelada apontaram que a proporção ótima foi de 1:1 da mistura entre os resíduos de palha de arroz e esterco de vaca, pois apresentou a maior produção de metano (196,03 L/kg SV). Logo, com a proporção ótima de 1:1 entre os resíduos, constatou-se que a carga orgânica de 6 kg SV/m^3d apresentou as

maiores médias de produtividade específica de biogás (380 L/kg SV) e produção volumétrica de biogás (2,30 m^3/m^3d). Destaca-se no experimento que com a carga orgânica de 12 kg SV/m^3 ocorreu inibição da codigestão anaeróbia dos resíduos em virtude do acúmulo de AGV´s (acidificação) nos reatores.

A disposição de resíduos orgânicos urbanos (restos de alimentos cozidos e crus, frutas e vegetais) é responsável pelo aumento na geração de gases de efeito estufa e lixiviados em aterros sanitários, devido a sua alta biodegradabilidade (PAVI et al., 2017). Diversas regulamentações ou leis ao redor do mundo orientam a utilização da codigestão anaeróbia para tratamento de resíduos orgânicos com o intuito de obter a produção controlada de biogás e a redução da disposição em aterros sanitários (PAVI et al., 2017; DI MARIA et al., 2015). Nesse contexto, Pavi et al. (2017) examinaram a possibilidade da codigestão anaeróbia de diferentes proporções de misturas (1/0, 1/1, 1/3 e 0/1) entre resíduos sólidos orgânicos municipais (restos de alimentos crus e cozidos) e resíduos de frutas e vegetais, respectivamente, por meio do emprego de reatores em batelada sob condições mesofílicas (35 ºC). Os resultados dos experimentos apontaram a existência de efeitos sinérgicos provenientes da codigestão anaeróbia e da utilização de um inóculo anaeróbio adaptado aos resíduos (alto pH e alcalinidade) na estabilidade operacional, incremento da produção de biogás e de teor de metano dos reatores. A proporção ótima entre resíduos sólidos orgânicos municipais e resíduos de frutas e vegetais foi de 1/3, pois alcançou a maior média cumulativa de biogás (433,9 NmL/gSV), maior produção média de metano (399,6 NmL/gSV) e maior remoção taxa de remoção de sólidos voláteis (54,6%).

Nas áreas urbanas, restos de alimentos, papel e papelão representam as maiores frações na composição dos resíduos sólidos municipais, de forma que o emprego da codigestão anaeróbia pode oferecer a valorização dos resíduos por meio da produção de biogás e recuperação de nutrientes para a fertilização/condicionamento de solos (HOGG et al., 2002). Nesse âmbito, Capson-Tojo et al. (2017) avaliaram a influência da carga inicial dos substratos no desempenho de reatores em batelada tratando resíduos de comida e de papelão. Os resultados demonstraram que através da variação de parâmetros operacionais (proporções de codigestão entre os resíduos, teor de sólidos e razão de substra-

to para inóculo – S/I) são conduzidas diferentes vias metabólicas com subprodutos específicos como metano, hidrogênio, ácidos graxos voláteis e etanol. Entre os resultados, verificou-se que somente os reatores com a razão de S/I de 0.25 $gSV.gSV^{-1}$ produziram metano, com a Methanosarcina como principal Archaea, indicando assim uma boa eficiência na etapa metanogênese. Todavia, em relação a altos valores da razão de S/I (1.0 $gSV.gSV^{-1}$ e 4.0 $gSV.gSV^{-1}$), a fermentação ácida foi o processo majoritário com produção de hidrogênio e outros metabólitos.

Outra área de bastante interesse da codigestão anaeróbia é o desenvolvimento da aplicação de enzimas (amilases, celulases e proteases) em diferentes substratos, com a finalidade de ampliar a produção de metano (WANG et al., 2016). Wang et al. (2016) analisaram o efeito do pré-tratamento com celulase e adições diretas de amilase e protease na codigestão anaeróbia de esterco de porco e palha de milho na produção de metano, além de verificar eventuais mudanças na estrutura da comunidade microbiana durante a realização do experimento. Os resultados do experimento indicaram que com a adição da amilase e o pré-tratamento com celulase obteve-se um aumento na produção de metano de 110,79% e 103,20%, em relação aos seus respectivos controles. Em relação à adição de protease, os valores da produção de metano foram próximos ao controle. O autor sugere que, possivelmente, as enzimas responsáveis por etapas essenciais como hidrólise, acetonogênese e metanogênese foram decompostas por meio da adição da protease, diminuindo assim a eficiência da codigestão anaeróbia entre os resíduos. Em relação às mudanças nas comunidades microbianas, não foram encontrados efeitos negativos decorrentes da aplicação das enzimas, pois não houve alterações nas espécies predominantes de Archaeas e Bactérias, reforçando assim a viabilidade da inserção de enzimas na codigestão anaeróbia de resíduos orgânicos.

O aumento do interesse pelo tratamento anaeróbio de lodos, oriundos de estações de tratamento, deve-se à possibilidade de tratamento de poluentes, recuperação de nutrientes e possibilidade de geração de energia para aproveitamento no próprio local (LIU et al., 2016). Porém, o lodo de esgoto apresenta baixas razões de C/N, variando de 6 a 9, o que pode resultar em acúmulo de amônia e inibição da atividade dos microrganismos anaeróbios (ZHANG et al., 2013; LIU et al.,2016). Liu et al (2016) examinaram a possibilidade da codigestão anaeróbia de

lodos de estações de tratamento com baixo teor orgânico e resíduos de comida através do uso de reatores em batelada com alta e baixa concentrações de sólidos totais. Por meio da análise dos resultados, verificou-se que os reatores com baixo teor de ST apresentaram um aumento na produção de biogás em consonância com o crescimento da proporção de resíduos de comida na mistura em relação ao lodo; no entanto, relatou-se acúmulo de AGV´s e, por conseguinte, queda de pH nos reatores (acidificação do sistema). Os reatores com alto teor de sólidos, além do acréscimo da produção de biogás com o crescimento do teor de resíduos de comida na mistura, apresentaram altos valores de amônia livre, que podem se tornar responsáveis por uma possível inibição do tratamento anaeróbio. O autor conclui que 50% é o percentual ótimo de resíduos de comida a ser implementado em uma mistura com lodos de estações de tratamento de forma a adquirir os efeitos sinérgicos (aumento da produção de metano, ajuste da razão C/N, etc.) decorrentes da aplicação da codigestão anaeróbia entre os resíduos.

Nesse contexto, os resíduos alimentares (restos de alimentos) apresentam uma relação C/N superior a 20, elevado teor de umidade e cerca de 50%-70% de sólidos voláteis correspondendo a compostos facilmente biodegradáveis (carboidratos, proteínas e lipídios), entretanto, são suscetíveis às instabilidades do processo anaeróbio causadas pelo acúmulo de ácidos orgânicos voláteis e, consequentemente, baixo pH resultante. Por outro lado, resíduos de papel/papelão/papel higiênico apresentam uma alta relação C/N, variando de 173:1 a 1000:1, biodegradabilidade relativamente lenta e elevado teor de sólidos totais (ZHANG et al., 2013).

Dessa forma, o presente trabalho foi baseado nos estudos anteriormente citados relativos à codigestão anaeróbia, com foco na utilização dos substratos (resíduos alimentares e papel higiênico) e seus efeitos sinérgicos como, por exemplo, a razão ótima de C/N, e, consequentemente, o acréscimo na produção de biogás.

3. METODOLOGIA

No presente experimento, os resíduos alimentares utilizados como substrato para o estudo foram coletados em restaurantes próximos ao Instituto Federal de Pernambuco (IFPE) localizado na cidade Cabo de

Santo Agostinho, em Pernambuco. Posteriormente, as amostras passaram por um liquidificador industrial para reduzir o tamanho do substrato e armazenadas em freezer a -20 ºC para minimizar a degradação biológica que ocorreria à temperatura ambiente. Todas as amostras de resíduos foram misturadas para formar uma única amostra de trabalho de acordo com a Tabela 1, que apresenta a composição média dos alimentos consumidos no Brasil (WRAP, 2008; FIGUEIRAS, 2016).

Tabela 1. Composição da comida sintética (WRAP, 2008)

Grupo de Comida	Peso (%)	Componentes (Peso %)
Vegetais	31,3	Batata (77,5), Cebola (14,2), Cenoura (8,3)
Frutas	19,9	Banana (44,7), Maça (37,8), Laranja (17,5)
Pão	16,3	Pão (100)
Comida misturada	12,7	Feijão (50), Arroz (50)
Carne	10,2	Frango (55), Carne (45)
Salada	5,3	Alface (50,9), Tomate (49,1)
Laticínio	4,3	Queijo (100)

O papel higiênico utilizado no experimento é formado por folhas duplas de marca nacional e cor branca, de acordo com Associação Brasileira de Normas Técnicas (2007), na norma NBR 15464-2:2007 (dimensões: 11,5 cm x 10 cm). Este resíduo foi triturado por meio de um fragmentador de papel de marca EPSON em tiras de 1,0 cm x 1,0 cm com o objetivo de facilitar o acesso dos microrganismos anaeróbios ao substrato para produção de metano.

O inóculo utilizado durante o experimento foi o lodo anaeróbio de um reator anaeróbio de fluxo ascendente (UASB) da estação de tratamento de efluentes denominada Mangueira situada na cidade de Recife, em Pernambuco. Após a coleta, o lodo anaeróbio foi armazenado e resfriado a -4 ºC antes de ser utilizado.

Após o tratamento inicial dos substratos (resíduos alimentares e papel higiênico), com o objetivo de entender as propriedades (efeitos sinérgicos e inibitórios) da codigestão anaeróbia entre resíduos, foi rea-

lizado o teste de BMP (Potencial Bioquímico de Metano). O teste inclui 13 frascos de vidro borossilicato de 250 mL (Figura 2) em condições mesofílicas (30 ºC) com a razão $DQO_{substrato}$:$SV_{inóculo}$ igual a 2, de acordo com a seguinte configuração dos reatores, expressa no Quadro 1:

Quadro 1. Configuração dos Reatores

Reatores (em triplicata)	Substratos
FW+SL	3,5 g Resíduos Alimentares + 50,0 g de inóculo
TP+SL	4,0 g de Papel Higiênico + 50,0 g de lodo
FW +TP + SL (codigestão)	3,5 g de Resíduos Alimentares + 4,0 g de Papel Higiênico + 50,0 g de lodo
SL (controle)	50,0 g de Lodo

O método utilizado para determinação do teste de BMP será o volumétrico, de medição direta de volume de metano, através de lavagem do biogás em solução de hidróxido de sódio 3%, conforme esquema da Figura 1.

Figura 1. Esquema do aparato experimental para lavagem do biogás.

Fonte: adaptado de Aquino et al., 2007).

A biodegradabilidade anaeróbica das diferentes concentrações de resíduos de comida e lodo de esgoto aeróbio pode ser encontrada por meio da seguinte relação: Biodegradabilidade anaeróbica = Produção de metano/(350xDQO substrato).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 mostra os valores da produção média acumulada de metano dos reatores no período de 48 dias da realização do experimento. Pode-se verificar que houve um crescimento significativo da produção acumulada média de metano, resultando em aproximadamente 8000 ml nos reatores FW+TP+SL, decorrente dos efeitos sinérgicos da codigestão anaeróbia dos resíduos (efeito tampão, razão C/N, diluição de compostos tóxicos, suprimento de nutrientes).

Os valores médios de produção acumulada de metano para os reatores FW+SL foram próximos a 5000 ml, o que pode ser explicado pela composição (carboidratos, proteínas e lipídios) e alta degradabilidade dos resíduos orgânicos presentes na mistura (ESPOSITO et al., 2012).

Os reatores TP+SL, por apresentarem na sua composição as fibras celulósicas do papel higiênico, apresentaram os menores valores médios da produção acumulada de metano, cerca de 3000 ml, pois a hidrólise (quebra) da celulose é considerada etapa limitante para digestores anaeróbios alimentados com matérias-primas com alto teor de celulose para produção de biogás (SUTO; TOMITA, 2001). Dessa forma, o tratamento combinado de efluentes domésticos (papel higiênico, urina e fezes) e resíduos sólidos orgânicos apresenta-se como uma alternativa com potencial para aplicação em um conceito de digestão anaeróbia integrada, pois resulta em uma maior produção de metano (PÉREZ-ELVIRA et al., 2014).

Figura 2. Produção cumulativa de metano dos reatores ao longo do tempo.

Fonte: Autor (2018).

5. CONCLUSÕES

O presente trabalho por meio da análise dos resultados dos testes de BMP concluiu que a codigestão anaeróbia é uma alternativa interessante para disposição de resíduos orgânicos em conjunto com o papel higiênico produzidos em um *campus* do IFPE, visando um aumento na produção de biogás dos reatores anaeróbios e, consequentemente a geração de energia no próprio local.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 15464-2. Produtos de Papel para fins sanitários**: Parte 2 Papel higiênico Folha dupla - Classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

AQUINO, S.F.;CHERNICHARO, C.A.L.;FORESTI, E., FLORENCIO, L.;MONTEGGIA,L.O. Metodologias para determinação da atividade metanogênica específica (AME) em lodos anaeróbios. Revista **Engenharia Sanitária e Ambiental**, n.12,2, 2007.

CAPSON-TOJO, G.; TRABLY, E.; ROUEZ, M.; CREST, M.; STEYER, J.P; DELGENES, J. P.; ESCUDIÉ, R. Dry anaerobic digestion of food waste and cardboard at different substrate loads, solid contents and co-digestion proportions. **Bioresource Technology**, n. 233, p. 166-175, 2017.

CHEN, R.;NIE, Y; KATO, H.;WU, J.;UTASHIRO, T.; LU, J.; YUE, S.; JIANG, H.; ZHANG, L.; LI, Y. Methanogenic degradation of toilet-paper celulose upon sewage treatment in na anaerobic membrane bioreactor at room temperature.**Bioresource Technology**, v.228,p. 69-76, 2017.

CHEN, X.; YAN, W.; SHENG,K; SANATI,M.. Comparison of high-solids to liquid anaerobic co-digestion of food waste and green waste. **Bioresource Technology**. vol. 154, p.215–221,2014.

CHERNICHARO, C. A. L. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: reatores anaeróbios.** 2. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG, 380 p., 2007.

DI MARIA, F.; SORDI, A.; CIRULLI, G.; MICALE, C. Amount of energy recoverable from an existing sludge digester with the co-digestion with fruit and vegetable waste at reduced retention time. **Appl. Energy**, n. 150, p. 9-14, 2015.

EREN, B.; KARADAGLI, F. Physical disintegration of toilet papers in wastewater systems: experimental analysis and mathematical modelling. **Environmental Science & Technology**, v.46, n. 5, p. 2870-2876, 2012.

ESPOSITO, G., FRUNZO, L., GIORDANO, A., LIOTTA, F., PANICO, A., PIROZZI, F. Anaerobicco-digestionoforganicwastes. **RevEnviron**. **Sci**. **Biotechnol**., 11, 325–341, 2012.

FIGUEIRAS, M. **Efeito da adição de resíduos alimentares triturados no tratamento de esgoto doméstico em reator UASB**. Dissertação de Mestrado. Centro Acadêmico do Agreste. Universidade Federal de Pernambuco. Caruaru-PE, 2016.

FITAMO, T. BOLDRIN, A.; BOE, K., ANGELIDAKI, I., C. SCHEUTZ. Co-digestion of food and garden waste with mixed sludge from wastewater treatment in continuously stirred tank reactors**.Bioresource Technology**, n. 206, p. 245-254, 2016.

GANESH, R. TORRIJOS, M., SOUSBIE, P. STEYER, J. P,, LUGARDON, A., DELGENES, J. P. Anaerobic co-digestion of solid waste effect of increasing organic loading rates and characterization of the solubilised organic matter. **Bioresource Technology**, n. 130, p. 559-569, 2013.

GOMES, D.A. **influência do papel higiênico no tratamento de efluente doméstico em reator UASB**. Dissertação de Mestrado. Centro Acadêmico do Agreste. Universidade Federal de Pernambuco. Caruaru-PE, 2016.

HIDAKA, T.; ARAI, S.; OKAMOTO, S.; UCHIDA, T. Anaerobic co-digestion of sewade sludge with shredded grass from public green spaces. **Bioresource Technology**, n. 130, p. 667-672, 2013.

HOGG, D. FAVOINO, E., NIELSEN , THOMPSON, J. , WOOD, K., PENSCHKE, A. PAPAGEORGIOU, D. ECONOMIDES, S. Economic analysis of options for managing biodegradable municipal waste. **Final Report to the European Commision**, 2002.

HONDA, S.; MIYATA, N.; IWAHORI, K. Recovery of biomass celulose from waste sewage sludge. **Journal Mater Cycles Waste Manag**, v. 4, p. 46-50, 2002.

JABEEN, M. YOUSAF, S., HAIDER M. R., MALIK, R. N. High-solids anaerobic co-digestion of food waste and rice husk at different organic loading rates.**International Biodeterioration & Biodegradation**, n. 102, p. 149-153, 2015.

LI, D. LIU, S. MI, L. LI, Z.; YUAN, Y.; LIU, X. Effects of feedstock ratio organic rate on the anaerobic mesophilic co-digestion of rice straw and cow manure. **Bioresource Technology,** p. 319-326, 2015.

LIU, C.; LI, H. ZHANG, Y.; LIU, C. Improve biogas production from low-organic content sludge trhough high solids anaerobic co-digestion with food easte. **Bioresource Technology**, n. 219, p. 252-260, 2016.

LIU, Y.; DONG, J.; LIU, G., YANG, H., LIU, W. WANG, L.; KONG, C.; ZHENG, D. YANG, J.; DENG, L.; WANG, S. Co-digestion of tobacco waste with different agricultural biomass feedstocks and the inhibition of tobacco viruses by anaerobic digestion. **Bioresource Technology**, n. 189, p. 210-216, 2015.

MARAGKAKI, A.E.; FOUNTOULAKIS, M.; GYPAKIS,A.; KYRIAKOU ,A.; LASARIDI, K.; MANIOS, T. Pilot-scale anaerobic co-digestion of sewage sludge with agro-industrial by-products for increased biogas production of existing digesters at wastewater treatment plants. **Waste Management,** vol. 59, p. 362–370, 2017.

MU, H.; ZHAO, C.; ZHAO, Y.;LI, Y.; HUA, D.; ZHANG, X.; XU, H. Enhanced methane productuion by semi-continuous mesophilic co-digestion of potato waste and cabbage waste: Performance and microbial characteristics analysis. **Bioresource Technology**, n. 263, p.68-76, 2017.

NGHIEM, L. D; KOCH, K.; BOLZONELLA, D.; DREWES, J. Full scale co-digestion of wastewater sludge and food waste: Bottlenecks and possibilities. **Renewable and Sustainable Energy Review**, n. 7, p.354-362, 2017.

PAVI, S.; KRAMER, L. E.; GOMES, L. P.; MIRANDA, L.A.S. Biogas production from co-digestion of organic fraction of municipal solid waste and fruit vegetable waste, **Bioresource Technology,** n. 228, p. 362-367, 2017.

PÉREZ-ELVIRA, S.I.; CANO, R.; FDZ-POLANCO, M.; SOUZA, T.S.O.; FDZ-POLANCO, F. Domestic food waste and sewage sludge combined treatment implementing household food waste disposers. Departamento de Ingeniería Química y TecnologíadelMedio Ambiente. Universidad de Valladolid (España). Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental. Escola Politécnica. Universidade de São Paulo (Brasil). **XI Simpósio de Digestãoanaeróbia**, 2014.

RUIKEN,C. J; BREUER G; KLAVERSMA, E; SANTIAGO, T.; VANLOOSDRECHT, M. C. M; Sieving wastewater – Cellulose recovery, economic and energy evaluation**.Water Research**, v. 47, n. 1, p. 43-48, 2013.

SILVESTRE, G.; ILLA, J.; FERNANDEZ, B.; BOMMATI, A. **Thermophilic anaerobic co-digestion of sewage sludge with grease waste**: Effect of long chain fatty acids in the methane yield and its dewatering properties. Vol. 117, p. 87-94, 2014.

SOUZA, C. L. **Estudo quantitativo e qualitativo de escuma acumulada em reatores UASB tratando esgotos domésticos.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte - MG, 2006.

SUTO, M.; TOMITA, F. Induction and catabolite repression mechanisms of cellulase in fungi. **J BiosciBioeng**, v. 92, n. 4, p. 305-311, 2001.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. v. 1, 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Ambiental – UFMG, 452 p., 2005.

WANG, X. LI, Z.; ZHOU, X.; WANG, Q,; WU, Y.; SAINO, M.;BAI, X. Study on the bio-methane yield and microbial community structure in enzyme enhanced anaerobic co-digestion of cow manure and corn straw. **Bioresource Technology**, n. 219, p. 150-157, 2016.

WEILAND, P. Biogas production: current state and perspectives. **Appl. Microbiol. Biotechnol**., n. 85, p. 849-860, 2010.

WRAP – Material change for a better environment. The food we waste. **Food waste report.** 2008.

XIE, S.; WICKHAM, R; NGHIEM, L. D. Synergistic effect from anaerobic co-digestion of sewage sludge and organic wastes, **International Biodeterioration & Biodegradation**, vol. 116 , p. 191-197, 2017.

ZHANG, T.; LIU, L.L.; SONG, Z.L.; REN, G.X.; FENG, Y.Z.; HAN, X.H.; YANG, G.H. Biogas production by co-digestion of goat manure with three crop residues. **PLoSOne**, v. 8, 2013.

ZHOU, Q.; SHEN, F.; YUAN, H.; ZOU, D.; LIU, Y. ZHU, JAFFU, M.; CHUFO, LIU, X. Minimizing asynchronism to improve the performances of anaerobic co-digestion of food waste and corn stover. **Bioresource Technology**, n. 166, p. 31-36, 2014.

5.3 ESTUDO DE CONCENTRAÇÃO DO PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO EM FOTOCATÁLISE COMBINADA PARA A DEGRADAÇÃO DO CORANTE ALIMENTÍCIO AZUL BRILHANTE FCF

AQUINO, Ramon Vinícius Santos de
Graduando
Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal de Pernambuco (DEQ/UFPE)
viniciusramon59@gmail.com

BARBOSA, Ada Azevedo
Doutoranda
Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal de Pernambuco (DEQ/UFPE)
adabarbosa@hotmail.com

CARVALHO, Rafaela Ferreira de
Graduanda
Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal de Pernambuco (DEQ/UFPE)
rafaelaferreiradecarvalho@gmail.com

ROCHA, Otidene Rossiter Sá da
Docente
Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal de Pernambuco (DEQ/UFPE)
otidene@hotmail.com

RESUMO

Corantes sintéticos são utilizados em larga escala na indústria e podem apresentar difícil remoção devido à sua característica recalcitrante. Isso os torna potenciais contaminantes de águas residuais, causando problemas ao meio ambiente e à saúde humana. Para a sua remoção, podem ser aplicados Processos Oxidativos Avançados (POAs). Os POAs dividem-se em sistemas homogêneos, nos quais são largamente utilizados o peróxido de hidrogênio (H_2O_2), e sistemas heterogêneos, nos quais são utilizados semicondutores, como dióxido de titânio (TiO_2) e óxido de zinco (ZnO). Neste trabalho, estudou-se a degradação do corante azul brilhante FCF por POAs com a aplicação de H_2O_2 em um sistema de fotocatálise combinado, utilizando os semicondutores TiO_2 e ZnO. Foram realizados experimentos para a avaliação da melhor proporção de TiO_2:ZnO e da melhor concentração do H_2O_2 no sistema. Observou-se que o melhor sistema ocorreu em concentração de 5 mmol.L^{-1} de peróxido de hidrogênio, com 100% de degradação após 45 minutos. Após estudo cinético, o sistema ajustado no modelo de pseudoprimeira ordem obteve R^2=0,94 e constante de velocidade k_{app}=0,127 min^{-1}. O melhor sistema obtido mostra que pequenas quantidades de H_2O_2 junto aos catalisadores foi eficiente no processo de fotodegradação do corante.

PALAVRAS-CHAVE: processos oxidativos avançados, degradação fotocatalítica, oxidante homogêneo.

1. INTRODUÇÃO

A poluição ambiental é um dos grandes problemas da sociedade atual, seja pela falta de comprometimento por parte das políticas públicas, por uso inadequado de matérias-primas naturais ou pela falta de consciência da população. Nos últimos anos, estudos avançados têm sido feitos pelas nações desenvolvidas e em desenvolvimento para o melhor reaproveitamento de resíduos, sejam materiais sólidos, efluentes ou emissões atmosféricas (MELLO; SEHNEM, 2016). Entre os problemas causados pela poluição do meio ambiente, um dos mais preocupantes corresponde ao lançamento de efluentes nos corpos hídricos. Esses efluentes podem ser oriundos de diversos tipos de indústrias, como, por exemplo, as que se referem à produção de alimentos. Águas residuais da indústria de alimentos, em geral, contêm alto valor na Demanda Biológica de Oxigênio (DBO) e no teor de sólidos suspensos, além de outros componentes essenciais para a produção, como aditivos de saborização, conservação e coloração (SIMONIČ, 2009).

Entre os principais aditivos utilizados na indústria de alimentos destacam-se os corantes sintéticos. Esses compostos conferem uma coloração mais intensa nos alimentos processados, tornando-os mais atrativos para o público consumidor. A remoção de contaminantes orgânicos, tais como os corantes, ainda apresenta desafios ambientais e tecnológicos, pois técnicas convencionais de tratamento não são capazes de removê-los de forma significativa por conta de sua alta estabilidade e persistência no ambiente (SHARMA; AHMAD; FLORA, 2018). Por conta disso, vários estudos têm sido realizados com a utilização de técnicas avançadas de tratamento, entre elas os processos de oxidação avançada (DEWIL; MANTZAVINOS; POULIOS, 2017).

Os Processos Oxidativos Avançados (POAs) visam a mineralização de compostos persistentes, como o caso dos corantes, com a intenção de removê-los das águas residuais e promover a sua mineralização, gerando componentes inorgânicos biodegradáveis, como sais, água e dióxido de carbono, além de diminuir a toxicidade do meio após o tratamento (DEWIL; MANTZAVINOS; POULIOS, 2017). Em geral, os POAs envolvem um mecanismo de produção de radicais hidroxila, que possuem um alto poder oxidativo (potencial padrão de redução

equivalente a 2,8V). Os POAs englobam sistemas homogêneos, com uso de peróxido de hidrogênio (H_2O_2), ozônio (O_3), H_2O_2/Fe^{2+} (processo fenton) e ações combinadas; além disso, podem ser utilizados semicondutores em sistemas heterogêneos, que funcionam como catalisadores no processo de degradação (COMNINELLIS et al., 2008; DEWIL; MANTZAVINOS; POULIOS, 2017).

O objetivo deste trabalho baseou-se na avaliação da eficiência de POAs fotocatalíticos para a remoção do corante alimentício azul brilhante FCF, composto de complexa estrutura, por meio dos semicondutores dióxido de titânio (TiO_2) e óxido de zinco (ZnO) e pelo oxidante H_2O_2. Os objetivos específicos foram: verificar a remoção do corante em diferentes proporções de TiO_2/ZnO; realizar estudos de concentração de peróxido de hidrogênio aplicado ao tratamento; e avaliar a cinética de degradação do corante em diferentes tempos, determinando o modelo mais adequado ao ajuste de dados e parâmetros cinéticos.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Com o crescimento populacional, aumenta-se cada vez mais a necessidade de uma intensa atividade industrial na fabricação de produtos. Essa atividade exige quantidades exorbitantes de água para a sua produção, o que interfere diretamente na disponibilidade de recursos hídricos (LIRA et al., 2015). O consumo de água tem como principal interferente a poluição ambiental, que ocorre quando uma infinidade de contaminantes químicos e biológicos são despejados sem o devido tratamento nos corpos hídricos, apresentando danos ao meio ambiente e à saúde humana (TUNDISI, 2008).

Em relação ao tratamento de efluentes e monitoramento da poluição ambiental, a indústria de alimentos apresenta-se como fonte significativa de contaminantes pelo fato de seus resíduos serem compostos por grandes cargas de matéria orgânica, coloração e agentes aditivos. Altas vazões dos efluentes oriundos da indústria alimentícia passam por sistemas de tratamento com contaminantes de estruturas complexas, de difícil remoção, como é o caso dos corantes alimentícios (HUANG; SHIH; SHEN, 2002).

2.1 Corantes da indústria de alimentos

Os corantes sintéticos têm sido mais utilizados nos processos industriais, em especial na indústria de alimentos, por conta da sua estabilidade química, melhor qualidade de cor, maior uniformidade e menor custo em relação aos corantes naturais (BANERJEE; CHATTOPADHYAYA, 2017). Estimativas alegam que cerca de 70 mil toneladas de corantes sintéticos de milhares tipos e tonalidades são produzidas ao ano, sendo 15% desse material perdido ao longo do processo (GUPTA et al., 2011; REZA; KURNY; GULSHAN, 2017).

Os corantes sintéticos, em geral, apresentam estruturas orgânicas aromáticas e complexas, sendo resistentes à luz, temperatura e oxidantes, o que torna difícil sua remoção de águas residuais. Por serem produtos com baixa biodegradabilidade, ao atingirem os corpos hídricos podem causar bioacumulação, afetando o equilíbrio metabólico e podendo apresentar toxicidade para organismos vivos (PALAS; ERSÖZ; ATALAY, 2017). As altas cargas de corantes alimentícios descartadas nos corpos hídricos colocam em risco toda a biota aquática, pois a variação da coloração da água pode dificultar a incidência de luz solar, inibindo o crescimento dos organismos por impedir o processo de fotossíntese e afetando toda a cadeia alimentar; além disso, a carga de matéria orgânica pode desbalancear a dissolução de oxigênio no meio. Além de gerar danos ao ecossistema, as descargas em excesso de corantes podem causar problemas à saúde humana (HISAINDEE; MEETANI; RAUF, 2013).

2.1.1 Azul Brilhante FCF

O corante Azul Brilhante FCF (AB), um sal dissódico de fórmula molecular $C_{37}H_{34}N_2Na_2O_9S_3$, é um ácido orgânico fraco classificado como triarilmetano, amplamente utilizado na indústria alimentícia (YOUSEFI et al., 2017). Possui boa estabilidade à luz, calor e condições ácidas, porém não é resistente a agentes oxidantes. Como característica dos triarilmetanos, o AB possui alta solubilidade em água (200 $g.L^{-1}$) devido aos grupos sulfônicos de sua estrutura, que está apresentada na Figura 1.

Figura 1. Estrutura molecular do Azul Brilhante FCF.

Fonte: FERREIRA et al. (2016).

O AB possui baixa absorção gastrointestinal, o que acarreta em uma alta excreção por vesículas biliares e vias urinárias após o consumo (FERREIRA et al., 2016). No Brasil, o seu uso é permitido a concentrações limitadas. Entre os efeitos agudos que esse composto apresenta, podem ser citados inchaços, cisões cutâneas, irritações na pele e dificuldade de respiração, em seu uso isolado e combinado com outros corantes (GUPTA et al., 2006; FERREIRA et al., 2016).

A remoção de corantes orgânicos alimentícios, assim como outros tipos de poluentes, tem se tornado essencial para atender às demandas ambientais de água e respeitar os limites previstos pela legislação. A remoção de corantes por métodos convencionais de tratamento, com o uso de processos físicos, químicos, e biológicos, é dificultada por conta da alta estabilidade, complexidade estrutural e baixa biodegrabilidade desses produtos (GUPTA et al., 2011; ALCOCER et al., 2018).

2.2 Processos oxidativos avançados

Os Processos Oxidativos Avançados são considerados a melhor opção para o tratamento de compostos orgânicos não-biodegradáveis. A técnica de POA baseia-se na geração de radicais com alto poder oxidante para a rápida remoção de poluentes refratários em águas, quebrando as macromoléculas dos poluentes e formando compostos de menor peso

molecular ou, no caso da mineralização completa, CO_2 e água e sais inorgânicos (NAVARRO; GABALDÓN; GÓMEZ-LÓPEZ, 2017).

Como exemplo, o radical hidroxila (•OH) se destaca por ter um alto potencial de oxidação (2,8V) e não ser seletivo. Em geral, oxidantes fortes por si só possuem baixa reatividade com poluentes orgânicos, sendo necessário seu uso combinado com outros parâmetros, como radiação ultravioleta e catalisadores heterogêneos (SHARMA; AHMAD; FLORA, 2018).

Existem diversos tipos de Processos Oxidativos em estudo para a degradação de corantes; entre eles, encontram-se sistemas de fotólise UV-C, sistemas homogêneos como o Foto-Fenton e Ozonização e sistemas de fotocatálise heterogênea, estes últimos com o uso de semicondutores fotossensíveis como o dióxido de titânio e o óxido de zinco (COMNINELLIS et al., 2008; RAUF; MEETANI; HISAINDEE, 2011).

2.2.1 Sistemas Homogêneos

Nos sistemas que utilizam a radiação ultravioleta em combinação com o peróxido de hidrogênio (H_2O_2), o mecanismo de formação do radical hidroxila baseia-se na cisão homolítica da ligação oxigênio-oxigênio presente na molécula por meio da energia fornecida pelos fótons, gerando dois radicais potencialmente oxidantes (MIERZWA; SUBTIL; HESPANHOL, 2012; NAVARRO; GABALDÓN; GÓMEZ-LÓPEZ, 2017). O mecanismo de degradação de contaminantes por H_2O_2 em presença de radiação está exposto nas Equações 1 e 2.

$$H_2O_2 \xrightarrow{UV} 2HO\bullet \quad \text{(Equação 1)}$$

$$HO\bullet + \text{contaminantes} \rightarrow \text{Produtos degradados} \quad \text{(Equação 2)}$$

2.2.2 Sistemas Heterogêneos

A fotocatálise heterogênea surgiu nas últimas décadas como uma técnica promissora na remoção de poluentes em águas residuais. Esse tipo de POA pode ser definido como a aceleração de uma reação fotolítica a partir de catalisadores, em que podem ser utilizados diversos tipos de semicondutores. Óxidos metálicos binários como TiO_2, ZnO, Cu_2O, WO_3, V_2O_5,

NiO, ZrO_2 e CeO_2 têm sido sintetizados e estudados para utilização nesses sistemas (IBHADON; FITZPATRICK, 2013; RAIAZADA et al., 2016).

Nos sistemas heterogêneos, o semicondutor é irradiado com luz ultravioleta (UV) para excitar os elétrons da banda de valência em direção à banda de condução e gerar pares de elétrons-lacuna. Quando as moléculas de água atendem aos furos de elétrons, formam radicais oxidantes altamente reativos que atacam os orgânicos presentes e os decompõem em subprodutos menores e menos tóxicos. Os semicondutores TiO_2 e ZnO são os mais amplamente estudados para fotocatálise e seus mecanismos discutidos na literatura (RAUF; MEETANI; HISAINDEE, 2011; NGUYEN; FU; JUANG, 2018).

2.2.2.1 Dióxido de Titânio

O dióxido de titânio (TiO_2) é um óxido metálico semicondutor que vem emergindo por conta de suas propriedades semicondutoras e catalíticas. O TiO_2 é barato, comercialmente disponível e não tóxico ao meio ambiente, o que leva esse composto a ser utilizado em um largo espectro de aplicações. As vantagens desse catalisador incluem a sua ótima capacidade de oxidação fotocatalítica, boas propriedades ópticas e eletrônicas, poucas limitações de transferência de massa e capacidade de operação em condições ambiente (AFFAM; CHAUDHURI, 2013).

O mecanismo de fotocatálise do TiO_2 é amplamente discutido na literatura (HOFFMANN et al., 1995; GUPTA et al., 2011; AFFAM; CHAUDHURI, 2013; NASIKHUDIN et al., 2018). A irradiação (hv) de semicondutores com um nível de energia acima de sua energia de banda, que equivale a 3,2 eV (VALENCIA; MARÍN; RESTREPO, 2010), excita elétrons (e^-) da banda de valência para a banda de condução e lacunas (h^+) são produzidas, como mostrado na Equação 3. Moléculas de água (H_2O) e íons hidroxila (OH^-) presentes no meio são adsorvidas na superfície do catalisador e interagem com a lacuna formada na banda de valência e formam radicais hidroxila, como visto nas Equações 4 e 5.

$$TiO_2 + hv \rightarrow TiO_2\,(e^- + h^+) \quad \text{(Equação 3)}$$

$$TiO_2\,(h^+) + H_2O \rightarrow TiO_2 + H^+ + \bullet OH \quad \text{(Equação 4)}$$

$TiO_2 (h^+) + OH^- \rightarrow TiO_2 + \bullet OH$ (Equação 5)

As partículas sob iluminação contêm um excesso de elétrons. A remoção desses elétrons é necessária para completar a reação de oxidação, impedindo a recombinação dos elétrons com suas respectivas lacunas, caso que prejudicaria a fotocatálise, já que a formação dos pares h^+/e^- é essencial no processo fotocatalítico. O oxigênio dissolvido no meio funciona como aceitador desses elétrons, formando íons superóxido e regenerando o TiO_2 (Equação 6). Em meio ácido, o íon superóxido se combina com um próton para formar um radical hidroperóxido (Equação 7), que, em seguida, forma peróxido de hidrogênio (Equação 8).

$TiO2 (e-) + O2 \rightarrow TiO2 + O2\bullet-$ (Equação 6)

$O2\bullet- + H+ \rightarrow HO2\bullet$ (Equação 7)

$HO2\bullet + HO2\bullet \rightarrow H2O2 + O2$ (Equação 8)

O peróxido de hidrogênio formado produz radicais por três vias. Na primeira e na segunda vias, o H_2O_2 interage com o elétron excitado na banda de condução (Equação 9) e com íons superóxido (Equação 10), respectivamente, formando radical e íon hidroxila. No terceiro mecanismo, mostrado na Equação 10, a formação de radicais hidroxila é causada pela quebra homolítica da ligação O-O na molécula de peróxido de hidrogênio, caso a energia da radiação incidente seja superior a energia de banda do semicondutor (NAVARRO; GABALDÓN; GÓMEZ-LÓPEZ, 2017).

$TiO2 (e-) + H2O2 \rightarrow \bullet OH + OH-$ (Equação 9)

$H2O2 + O2\bullet- \rightarrow \bullet OH + OH- + O2$ (Equação 10)

Os radicais hidroxila reagem prontamente com materiais adsorvidos de superfície, formando intermediários de degradação (Equação 2) que, posteriormente, sofrem mineralização (Equação 11).

Intermediários de degradação $\rightarrow CO2 + H2O$ (Equação 11)

2.2.2.2 Óxido de zinco

O óxido de zinco é um pó fino, de coloração branca, com densidade igual a 5,6 $g.cm^{-3}$ e energia de banda de 3,37 eV (MAYRINCK et al., 2014; ONG; NG; MOHAMMAD, 2018). O mecanismo de fotodegradação do óxido de zinco é equivalente ao proposto para o óxido de titânio para a degradação de compostos orgânicos (BANSAL; BHULLAR; SUD, 2009). O TiO_2 é considerado o semicondutor com boa atividade fotocatalítica, enquanto o ZnO possui eficiência de absorção de luz no espectro solar em faixas mais ampla e custos de produção até 75% inferiores ao TiO_2. Por esse motivo, trabalhos utilizando ZnO combinado com TiO_2, em diferentes proporções, têm sido amplamente investigados para processos de degradação fotocatalítica (BANSAL; BHULLAR; SUD, 2009; MORADI et al., 2016).

3. METODOLOGIA

Nos ensaios de degradação, foi utilizado o corante alimentício azul brilhante FCF, obtido de F. Trajano Aromas e Ingredientes Ltda. Os fotocatalisadores utilizados no tratamento proposto, dióxido de titânio P25 e óxido de zinco, foram obtidos de Evonic Degussa Brasil Ltda. e Biodinâmica Química e Farmacêutica Ltda., respectivamente.

3.1 Curva analítica do corante azul brilhante

Para mensurar as concentrações do corante AB, construiu-se uma curva analítica a partir das leituras de soluções contendo as seguintes concentrações: 0,10; 0,25; 0,50; 1; 2; 5; 10; 15; 20; 25 e 35 $mg.L^{-1}$. As concentrações foram obtidas a partir das absorbâncias medidas em espectrofotômetro UV-Visível (SPECTROQUANT PHARO, 300) no comprimento de onda (λ) de 630 nm.

3.2 Experimentos de degradação

Os tratamentos do corante foram realizados em recipientes cilíndricos de vidro, com 5,5 cm de altura e 9,0 cm de diâmetro e capacidade volumétrica de 400 mL. Houve agitação magnética em todos os siste-

mas (FISATOM, 752). Para cada experimento, utilizou-se um volume fixo de 300 mL de solução de corante. Antes do início da fotodegradação, todos os sistemas ficaram por 30 minutos sob agitação magnética no escuro (NASIRIAN; BUSTILLO-LECOMPTE; MEHRVAR, 2017).

A duração dos experimentos foi de 120 minutos, com intervalo de coleta de amostras após a agitação no escuro e nos tempos 5, 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 e 120 minutos. As concentrações foram obtidas a partir das absorbâncias medidas em espectrofotômetro UV-Visível (SPECTROQUANT PHARO, 300) no comprimento de onda (λ) de 630 nm. Foram realizados estudos para avaliar a influência da proporção dos catalisadores e da concentração de peróxido de hidrogênio aplicada ao sistema. A concentração inicial do corante (20 $mg.L^{-1}$) e o pH da solução inicial (pH = 7) foram baseados em dados da literatura (JOSEPH et al., 2013; ALJUBOURY et al., 2016).

Para avaliar a proporção dos catalisadores no tratamento fotocatalítico, foram feitos ensaios nos sistemas TiO_2, ZnO, TiO_2/ZnO (3:1), TiO_2/ZnO (1:1) e TiO_2/ZnO (1:3), em porcentagem mássica. Utilizou-se um total de 0,1 g de material fotocatalítico como base dos experimentos (NASCIMENTO JÚNIOR et al., 2018). Para a avaliação da concentração de H_2O_2 no sistema, foram aplicadas diferentes concentrações do oxidante (5, 10, 20 e 40 $mmol.L^{-1}$). Para o melhor sistema, aplicou-se o modelo cinético de pseudoprimeira ordem para determinar a constante de velocidade (k_{app}) e o coeficiente de correlação (R^2).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Curva analítica do corante azul brilhante

O corante azul brilhante apresentou pico de maior absorção em λ = 630 nm, assim como visto em outros trabalhos envolvendo esse corante (SHAHMORADI; MALEKI; BYRAPPA, 2011; LUCOVÁ et al., 2013; NASCIMENTO JÚNIOR et al., 2018). A curva analítica do corante foi construída utilizando o software Microsoft Excel 2007 (Figura 2). O coeficiente de correlação obtido foi satisfatório, visto que R^2 = 0,999. A equação correspondente à curva foi utilizada durante todos os experimentos para a conversão de valores de absorbância em concentração ($mg.L^{-1}$).

Figura 2. Curva analítica para a solução aquosa de azul brilhante FCF.

Fonte: O autor.

4.2 Experimentos de degradação

A degradação do corante ao longo do tempo nos sistemas com diferentes proporções do catalisador está apresentada na Figura 3. Dos sistemas fotocatalíticos testados a uma concentração inicial de 20 $mg.L^{-1}$, o ZnO apresentou menores taxas de degradação, com 90% do corante removidos após 120 minutos de tratamento. No sistema contendo apenas TiO_2, observou-se a mesma taxa de remoção em 105 minutos. Nos sistemas com catalisador combinado, os sistemas TiO_2/ZnO (3:1) e TiO_2/ZnO (1:1) removeram 92,8% e 95,7% de coloração em 120 minutos, respectivamente. O sistema TiO_2/ZnO (1:3) apresentou taxas superiores de degradação em relação aos demais sistemas em 75 minutos, atingindo remoção completa com mais 15 minutos de tratamento.

Figura 3. Degradação fotocatalítica de AB em diferentes proporções de catalisador.

Fonte: O autor.

Os semicondutores TiO_2 e ZnO possuem alta atividade fotocatalítica em seus usos isolados, porém, quando aplicados em sistemas combinados, tendem a gerar melhores resultados. O TiO_2 possui maior estabilidade fotoquímica em comparação com semicondutores como o ZnO; por sua vez, o óxido de zinco é fotoquimicamente mais ativo, o que permite maiores taxas de degradação. Poucas quantidades de TiO_2 em sistemas fotocatalíticos contendo ZnO fornecem maior dispersão do catalisador, o que aumenta a relação superfície/volume e facilita a incidência de radiação em todo o reator (MONDAL; SHARMA, 2014).

Nos estudos de BANSAL; BHULLAR; SUD (2009) houve maior remoção do corante verde malaquita na proporção ZnO/TiO_2 (9:1), mostrando que o sinergismo entre os dois catalisadores em combinação com a radiação UV torna a remoção do contaminante mais eficiente, em especial quando as espécies de ZnO estão em maior quantidade do que as de TiO_2. KAUR; BANSAL; SUD (2013) conseguiram em seu trabalho taxas de remoção de pesticidas organofosforados de 81% com os catalisadores ZnO/TiO_2 na proporção mássica de 7:3 em 120 minutos, ou seja, em condições muito próximas às abordadas neste trabalho.

A Figura 4 mostra as taxas de remoção de AB ao longo do tempo para diferentes doses de H_2O_2. Observa-se, pelo gráfico, que pequenas concentrações de peróxido de hidrogênio auxiliam no processo fotocatalítico solar, com 100% de remoção a 5 mmol.L^{-1} em 45 minutos. Com o aumento da concentração do oxidante, as taxas de degradação decresceram proporcionalmente. O efeito do peróxido de hidrogênio no sistema tornou-o mais eficiente em comparação ao sistema sem o oxidante.

Figura 4. Degradação fotocatalítica de AB por diferentes concentrações de H_2O_2.

Fonte: O autor.

O peróxido de hidrogênio, em processos combinados com semicondutores, diminui a taxa de recombinação de elétron/lacuna, o que aumenta a geração de radicais. Como a energia solar não é capaz de quebrar a molécula de H_2O_2, doses inferiores do oxidante tendem a fornecer melhores resultados, pois o seu excesso no sistema diminui a área de incidência de radiação nos fotocatalisadores (REZA; KURNY; GULSHAN, 2017). Assim, justifica-se a diminuição da porcentagem de remoção com o aumento da concentração do oxidante.

A cinética do melhor sistema foi ajustada para um modelo de pseudoprimeira ordem, no qual 0,127 min^{-1} e 0,942 foram obtidos para a constante cinética e o coeficiente de correlação, respectivamente. Como esperado, as melhores condições aplicadas ao estudo cinético aumentaram a constante cinética em comparação com os estudos preliminares do sistema.

5. CONCLUSÕES

A degradação efetiva do corante azul brilhante FCF foi observada utilizando processo fotocatalítico misto com TiO_2 e ZnO e o uso do oxidante peróxido de hidrogênio, sob radiação solar natural. O tratamento do corante utilizando 5 $mmol.L^{-1}$ de H_2O_2 apresentou 100% de degradação em 45 minutos. O sistema que apresentou o melhor resultado de degradação apresentou ajuste ao modelo cinético de pseudoprimeira ordem, fornecendo k_{app}=0,127 min^{-1} e R^2=0,942. Observou-se a aplicação de sistemas combinados com semicondutores e oxidantes em fotocatálise.

REFERÊNCIAS

AFFAM, A. C.; CHAUDHURI, M. Degradation of pesticides chlorpyrifos, cypermethrin and chlorothalonil in aqueous solution by TiO_2 photocatalysis. **Journal of Environmental Management**, v. 130, p. 160–165, 2013.

ALCOCER, S.; PICOS, A.; URIBE, A. R.; PÉREZ, T.; PERALTA-HERNÁNDEZ, J. M. Comparative study for degradation of industrial dyes by electrochemical advanced oxidation processes with BDD anode in a laboratory stirred tank reactor. **Chemosphere**, v. 205, p. 682–689, 2018.

ALJUBOURY, D. AL DEEN A.; PALANIANDY, P.; ABDUL AZIZ, H. B.; FEROZ, S.; ABU AMR, S. S. Evaluating photo-degradation of COD and TOC in petroleum refinery wastewater by using TiO_2/ZnO photo-catalyst. **Water Science and Technology**, v. 74, p. 1312–1325, 2016.

BANERJEE, S.; CHATTOPADHYAYA, M. C. Adsorption characteristics for the removal of a toxic dye, tartrazine from aqueous solutions by a low cost agricultural by-product. **Arabian Journal of Chemistry**, v. 10, p. 1629–1638, 2017.

BANSAL, P.; BHULLAR, N.; SUD, D. Studies on photodegradation of malachite green using ZnO/TiO_2 photocatalyst. **Desalination and Water Treatment**, v. 12, p. 108-113, 2009.

COMNINELLIS, C.; KAPALKA, A.; MALATO, S.; PARSONS, S.A.; POULIOS, I.; MANTZAVINOS, D. Advanced oxidation processes for water treatment: advances and trends for R&D. **Journal of Chemical Technology and Biotechnology**, v. 83, p. 769-776, 2008.

DEWIL, R.; MANTZAVINOS, D.; POULIOS, J. New perspectives for Advanced Oxidation Processes. **Journal of Environmental Management**, v. 195, p. 93-99, 2017.

FERREIRA, L. G. B.; FARIA, R. X.; FERREIRA, N. C. S.; SOARES-BEZERRA, R. J. Brilliant Blue Dyes in Daily Food: How Could Purinergic System Be Affected? **International Journal of Food Science**, v. 2016, p. 1–13, 2016.

GUPTA, V. K.; JAIN, R.; NAYAK, A.; AGARWAL, S.; SHRIVASTAVA, M. Removal of the hazardous dye-Tartrazine by photodegradation on titanium dioxide surface. **Materials Science and Engineering: C**, v. 31, v. 1062–1067, 2011.

GUPTA, V.K.; MITALL, A.; KRISHNAN, L.; MITTAL, J. Adsorption treatment and recovery of the hazardous dye, Brilliant Blue FCF, over bottom ash and de-oiled soya. **Journal of Colloid and Interface Science**, v. 293, p. 16–26, 2006.

IBHADON, A.; FITZPATRICK, P. Heterogeneous Photocatalysis: Recent Advances and Applications. **Catalysts**, v. 3, p. 189–218, 2013.

HISAINDEE, S.; MEETANI, M. A., RAUF, M. A. Application of LC-MS to the analysis of advanced oxidation process (AOP) degradation of dye products and reaction mechanisms. **TrAC-Trends in Analitical Chemistry**, v. 49, p. 31–44, 2013.

HOFFMANN, M. R.; MARTIN, S. T.; CHOI, W. Y.; BAHNEMANN, D. W. Environmental applications of semiconductor analysis. **Chemical Reviews**, v. 95, p. 69-96, 1995.

HUANG, H. Y.; SHIH, Y. C.; CHEN, Y. C. Determining eight colorants in milk beverages by capillary electrophoresis. **Journal of Chromatography A**, v. 959, p. 317-325, 2002.

JOSEPH, C. G.; SHARAIN-LIEW, Y. L.; BONO, A.; TENG, L. Y. Photodegradation of Indigo Dye using TiO_2 and TiO_2/Zeolite System. **Asian Journal of Chemistry**, v. 25, p. 8402-8406, 2013.

KAUR, P.; BANSAL, P.; SUD, D. Heterostructured nanophotocatalysts for degradation of organophosphate pesticides from aqueous streams. **Journal of the Korean Chemical Society**, v. 57, p. 382-388, 2013.

LIRA, R. M.; SANTOS, A. N.; SILVA, J. S.; BARNABÉ, J. M. C.; BARROS, M. S.; SOARES, H. R. A utilização de águas de qualidade inferior na agricultura irrigada. **Revista GEAMA**, v. 1, n.3, 841-862, 2015.

LUCOVÁ, M.; HOJEROVÁ, J.; PAŽOUREKOVÁ, S.; KLIMOVÁ, Z. Absorption of triphenylmethane dyes Brilliant Blue and Patent Blue through intact skin, shaven skin and lingual mucosa from daily life products. **Food and Chemical Toxicology**, v. 52, p. 19–27, 2013.

MAYRINCK, C.; RAPHAEL, E.; FERRARI, J. L.; SCHIAVON, M. A. Síntese, propriedades e aplicações de Óxido de Zinco nanoestruturado. **Revista Virtual Química**, v. 6, p. 1185-1204, 2014.

MELLO, T. H. C.; SEHNEM, S. Gestão de resíduos sólidos: um estudo de caso na CETRIC (CENTRAL DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS

SÓLIDOS INDUSTRIAIS) de Chapecó-SC. **Revista Gestão e Planejamento**, v. 17, n. 3, p. 432-462, 2016.

MIERZWA, J. C.; SUBTIL, E. L.; HESPANHOL, I. UV/H_2O_2 process performance improvement by ultrafiltration and physicochemical clarification systems for industrial effluent pretreatment. **Revista Ambiente & Água**, v. 7, p. 31–40, 2012.

MONDAL, K.; SHARMA, A. Photocatalytic Oxidation of pollutant dyes in wastewater by TiO_2 and ZnO nano-materials – A mini-review. In: **Nanoscience & Technology for Mankind**. Kanpur (India): The National Academy of Sciences India, v. 5, p. 36-72, 2014.

MORADI, S.; ABEROOMAND-AZAR, P.; RAEIS-FARSHID, S.; ABEDINI-KHORRAMI, S.; GIVIANRAD, M. H. The effect of different molar ratios of ZnO on characterization and photocatalytic activity of TiO_2/ZnO nanocomposite. **Journal of Saudi Chemical Society**, v. 20, p. 373-378, 2016.

NASCIMENTO JÚNIOR, W. J.; ROCHA, O. R. S.; DANTAS, R. F.; SILVA, J. P.; BARBOSA, A. A. Kinetic study of food dyes removal from aqueous solutions by solar heterogeneous photocatalysis with artificial neural networks and phytotoxicity assessment. **Desalination Water Treatment**, v. 104, p. 304–314, 2018.

NASIRIAN, M.; BUSTILLO-LECOMPTE, C.F; MEHRVAR, M. Photocatalytic efficiency of Fe_2O_3/TiO_2 for the degradation of typical dyes in textile industries: Effects of calcination temperature and UV assisted thermal synthesis. **Journal of Environmental Management**, v. 196, p. 487-498, 2017.

NASIKHUDIN; DIANTORO, M.; KUSUMAATMAJA, A.; TRIYANA, K. Study on photocatalytic properties of TiO_2 nanoparticle in various ph condition. **Journal of Physics: Conference Series**, v. 1011, p. 1-7, 2018.

NAVARRO, P.; GABALDÓN, J. A.; GÓMEZ-LÓPEZ, V. M. Degradation of an azo dye by a fast and innovative pulsed light/H_2O_2 advanced oxidation process. **Dyes and Pigments**, v. 136, p. 887–892, 2017.

NGUYEN, C. H.; FU, C-C.; JUANG, R-S. Degradation of methylene blue and methyl orange by palladium-doped TiO_2 photocatalysis for water reuse: Efficiency and degradation pathways. **Journal of Cleaner Production**, v. 202, p. 413-427, 2018.

ONG, C. B.; NG, L. Y.; MOHAMMAD, A. W. A review of ZnO nanoparticles as solar photocatalysts: Synthesis, mechanisms and applications. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 81, p. 536–551, 2018.

PALAS, B.; ERSÖZ, G.; ATALAY, S. Photo Fenton-like oxidation of Tartrazine under visible and UV light irradiation in the presence of $LaCuO_3$ perovskite catalyst. **Process Safety and Environmental Protection**, v. 111, p. 270–282, 2017.

RAIZADA, P.; SHANDILYA, P.; SINGH, P.; THAKUR, P. Solar light-facilitated oxytetracycline removal from the aqueous phase utilizing a H_2O_2/$ZnWO_4$/CaO catalytic system. **Journal of Taibah University for Science**, v. 11, p. 689-699, 2016.

RAUF, M. A.; MEETANI M. A.; HISAINDEE, S. An overview on the photocatalytic degradation of azo dyes in the presence of TiO_2 doped with selective transition metals. **Desalination**, v. 276, p. 13–27, 2011.

REZA, K. M., KURNY, A., GULSHAN, F. Parameters affecting the photocatalytic degradation of dyes using TiO_2: a review. **Applied Water Science**, v. 7, p. 1569–1578, 2017.

SHAHMORADI, B.; MALEKI, A.; BYRAPPA, K. Photocatalytic degradation of Amaranth and Brilliant Blue FCF dyes using in situ modified tungsten doped TiO_2 hybrid nanoparticles. **Catalysis Science & Technology**, v. 1, p. 1216-1223, 2011.

SHARMA, A.; AHMAD, J.; FLORA, S. J. S. Application of advanced oxidation processes and toxicity assessment of transformation products. **Environmental Research**, v. 167, p. 223–233, 2018.

SIMONIČ, M. Water pre-treatment process in food industry**. Journal of Sanitary Engineering Research**, v. 3, p. 15-26, 2009.

TUNDISI, J. G. Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. **Estudos Avançados**, v. 22, p. 7-16, 2008.

VALENCIA, S.; MARÍN, J. M.; RESTREPO, G. Study of the bandgap of synthesized titanium dioxide nanoparticules using the sol-gel method and a hydrothermal treatment. **The Open Materials Science Journal**, v. 4, p. 9-14, 2010.

YOUSEFI, M.; GHANBARI, F.; ZAZOULID, M. A.; MADIHI-BIDGOLI, S. Brilliant Blue FCF degradation by persulfate/zero valent iron: the effects of influencing parameters and anions. **Desalination and Water Treatment**, v. 70, p. 364–371, 2017.

5.4 DEGRADAÇÃO DO EFLUENTE TÊXTIL POR FOTOCATÁLISE UTILIZANDO TiO_2 SUPORTADO EM ALUMÍNIO

SILVA, Marina Gomes
Graduanda
Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal de Pernambuco (DEQ/UFPE)
marina.g.silva@hotmail.com

BARBOSA, Ada Azevedo
Doutora
Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal de Pernambuco (DEQ/UFPE)
Adabarbosa@hotmail.com

SILVA, Milena Gabriela Nunes da
Graduanda
Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal de Pernambuco (DEQ/UFPE)

ROCHA, Otidene Rossiter Sá da
Docente
Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal de Pernambuco (DEQ/UFPE)
otidene@hotmail.com

RESUMO

A indústria têxtil produz grande quantidade de efluente contendo corantes e produtos químicos de dificil remoção. O descarte do efluente sem um pré-tratamento adequado pode causar danos ao meio ambiente. Como alternativa, vêm-se estudando os Processos Oxidativos Avançados (POAs) devido à eficiência na remoção desses contaminantes. O objetivo deste trabalho foi testar a eficiência do TiO_2 imobilizado em lacres de alumínio, materiais reciclados pós-consumo, na degradação do efluente real da indústria têxtil. As degradações dos compostos aromáticos e dos corantes presentes no efluente real foram realizadas mediante POA, com fonte de radiação Uvc (254 nm), em reator em batelada. Adicionou-se nos sistemas H_2O_2 (2,68 $g.L^{-1}$) e TiO_2 (0,333 $g.\ L^{-1}$) em suspensão ou suportado em malha de alumínio (TiO_{2sup}). As amostras coletadas nos experimentos foram quantificadas utilizando o Espectrofotômetro UV-Visível. Os sistemas foram UVc, UVc/H_2O_2, UVc/TiO_2, UVc/H_2O_2/TiO_2, UVc/H_2O_2/TiO_{2sup}. Os dois últimos obtiveram os melhores resultados com 98,4% e 96,9% de degradação do corante e 80,97% e 79,4% de degradação dos compostos aromáticos, respectivamente, em 360 minutos. A imobilização do catalisador é uma maneira de evitar perdas dentro do reator e facilitar sua recuperação após o processo. Verificou-se que o tratamento do efluente têxtil a partir do POA foi eficiente.

PALAVRAS-CHAVE: Processo oxidativo avançado, degradação, suporte de alumínio.

1. INTRODUÇÃO

As indústrias têxteis são responsáveis pela produção de grandes quantidades de efluentes contaminados de corantes sintéticos, que são compostos que possuem estruturas complexas, estáveis, de difícil degradação e que são extremamente prejudiciais ao meio ambiente, principalmente aos corpos hídricos (CASTAÑEDA-DÍAZ et al., 2017). Uma vez não tratados adequadamente, o efluente contaminado com esses corantes prejudica a flora ao impedir a entrada de luz para a fotossíntese, afetando consequentemente toda a biota do ambiente aquático (HASSAAN et al., 2017).

A lavanderia e tinturaria são responsáveis pela maior parte dos efluentes gerados na indústria têxtil, sendo caracterizados pela presença de metais e surfactantes, demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO) elevados, pH elevado, turbidez, presença de corantes, entre outras substâncias (SOUZA et al., 2016). Para que o efluente seja despejado de forma adequada, é necessário que haja um tratamento no qual a carga orgânica e inorgânica seja reduzida de acordo com o estabelecido pela legislação. A resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) 430/2011 estabelece a obrigatoriedade do tratamento desses efluentes e dispõe de normas e diretrizes para o seu lançamento em corpos hídricos (BRASIL, 2011).

Para a remoção desses tipos de corante das águas residuais, muitos métodos convencionais podem ser utilizados, incluindo processos físicos, químicos e biológicos de tratamento. Porém, esses métodos mostraram-se ineficientes para a degradação desses compostos devido a suas complexas estruturas, sendo necessário o uso de técnicas alternativas para a realização dessa função (KAUR et al., 2017), como os Processos Oxidativos Avançados (POAs). Os POAs são considerados a melhor opção para o tratamento de compostos orgânicos não biodegradáveis presentes em águas residuais (OANCEA; MELTZER, 2013), tendo como vantagem grandes taxas de remoção de DBO, DQO e da coloração, gerando produtos menos tóxicos (LI et al., 2017).

Os POAs consistem na oxidação completa ou parcial de moléculas orgânicas a partir da formação de espécies radicais livres reativas, como radicais hidroxila (OH•), promovidas por uma fonte de radiação (BENSALAH et al., 2018). Eles utilizam potentes espécies oxidantes, como peróxido de hidrogênio (H_2O_2), ou semicondutores, como

odióxido de titânio (TiO_2), na geração de radicais e são caracterizados pela não seletividade dos radicais (ROZAS et al., 2016). O catalisador pode ser utilizado imobilizado ou em suspensão. A imobilização do catalisador é uma alternativa viável, pois evita etapas posteriores para a recuperação do material fotocatalítico e facilita sua recuperação no processo de tratamento (DALPONTE et al., 2016).

O uso mais recorrente do TiO_2 em POAs ocorre com aplicação direta do sólido no contaminante de interesse. Apesar disso, estudos realizados apresentam bons resultados obtidos com seu uso imobilizado em algumas superfícies, pois o TiO_2 suspenso no meio é de difícil separação e, portanto, há necessidade de etapas posteriores de retenção do catalisador (AHMADI et al., 2017; BARROS et al., 2014). Diversos materiais contendo alta rugosidade e capacidade de aderência vêm sendo estudados para a imobilização de TiO_2, como Ag, Pt e Au (DAI et al., 2017); nanopartículas de prata (VARTOONI et al., 2016); politereftalato de etileno (PET) (BARROS et al., 2014); e polietersulfona (HIR et al., 2017).

O objetivo desse trabalho foi propor o uso de lacres de alumínio, materiais reciclados pós-consumo, como uma alternativa de suporte para imobilizar o fotocatalisador TiO_{2sup} utilizado no processo oxidativo avançado para degradação do efluente têxtil real. Além disso, foram realizados sistemas utilizando o catalisador em suspensão, com o objetivo de comparar com o sistema suportado e determinar, assim, a eficiência do suporte feito de lacres de alumínio.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Diante da atual situação de escassez de água no mundo, vêm-se buscando, cada vez mais, métodos eficazes para o tratamento de efluentes contaminados. As indústrias têxteis e alimentícias são as principais produtoras de efluentes contendo corantes que, na maioria das vezes, são despejados diretamente nos corpos hídricos (SANDOVAL et al., 2017). Os corantes têm grande solubilidade em água e, por isso, se espalham por longas distâncias, causando, assim, uma ampla dispersão e contaminação dos mananciais (RASALINGAM et al., 2014). Eles agem impedindo a penetração de luz, o que, por consequência, impede a atividade fotossintética, alterando assim toda a biota e o equilíbrio aquático (SHAKOOR; NASAR, 2016).

2.1 Efluente têxtil

Segundo Verma et al. (2012), só na Índia, estima-se que a indústria têxtil gere 55 milhões de m^3 de efluente por dia, sendo que deste valor 68.500 m^3 são despejados diretamente na natureza sem tratamento prévio. Dentre os corantes utilizados na indústria têxtil o azul de metileno é muito utilizado na lavagem de jeans.

2.1.1 Azul de Metileno

O azul de metileno é um corante sintético chamado cloreto de *3,7-bis*(-*dimetilamino*)-fenotiazina-5-io. Pertencente a categoria dos corantes catiônicos, o azul de metileno possui estrutura aromática heterocíclica, muito solúvel em água e álcool, pouco tóxico, e absorve intensamente na região do UV-Visível (λmáx = 664 nm em água) (LIMA et al., 2007). Mesmo em baixas concentrações, a presença do azul de metileno em solução é visível, produzindo uma coloração vinho-violeta (ANFAR et al., 2017). É largamente utilizado nas indústrias de couro, plásticos e têxteis, comumente empregado para tingimento de algodão, madeira e seda (ANFAR et al., 2017; NAMAL; KALIPCI, 2017).

Devido à sua forte adsorção em suportes sólidos, muitas vezes pode servir como um composto modelo para a remoção de corantes e de contaminantes orgânicos de soluções aquosas (OLIVEIRA et al., 2013). Ainda que não seja tóxico, a exposição excessiva ao corante pode apresentar efeitos à saúde humana. A inalação do corante causa dificuldades respiratórias, enquanto sua ingestão pode causar sensação de queimação, choque, confusão mental e icterícia, entre outros (RAFATULLAH et al., 2010; NAMAL; KALIPCI, 2017). Devido à sua larga utilização industrial, é necessário o tratamento adequado dos efluentes, a fim de evitar danos ao meio ambiente.

2.1.2 Métodos convencionais

Diversos processos podem ser aplicados para o tratamento de efluentes, baseando-se na sua composição e caracterização. Em geral, podem ser citados os tratamentos convencionais físico-químicos, como coagulação, floculação e adsorção, e biológicos, como lodo ativado (KUNZ et al., 2002).

Tratamentos físico-químicos, como coagulação, decantação e floculação, baseiam-se na aplicação de agentes químicos capazes de aglutinar os poluentes presentes no efluente. Esses processos são considerados econômicos, rápidos e fáceis de operar, entretanto não são capazes de destruir a estrutura das moléculas de todos os tipos de corantes têxteis (VERMA, 2017), apenas transferindo o contaminante para o lodo ativado, tornando necessária a aplicação de um tratamento adicional, uma vez que a elevada concentração de corantes impede seu reaproveitamento (HERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ et al., 2014).

Como alternativa de técnica de tratamento para esses contaminantes, tem os Processos Oxidativos Avançados, que têm sido amplamente estudados e baseiam-se em um tratamento que degrada moléculas orgânicas complexas em gás carbônico, água e íons inorgânicos. A grande vantagem dos Processos Oxidativos Avançados é que ele degrada completamente os compostos tóxicos, não necessitando, assim, de um pós-tratamento.

2.2 Processos oxidativos avançados

Os processos oxidativos avançados são um conjunto de métodos diversos que tem como princípio a oxidação química dos poluentes através da geração de radicais livres de alto poder oxidante. Essas espécies radicais reagem não seletivamente com moléculas orgânicas mais complexas, reduzindo-as a moléculas inorgânicas menores como CO_2 e água, alcançando, em muitos casos, a mineralização dos poluentes (NAVARRO et al., 2017). O radical hidroxila (•OH) é o mais utilizado devido ao seu alto poder oxidante (E^o= 2,4 - 3,0 V), vida curta, diversas formas de ser obtido e baixa seletividade ao ataque de moléculas orgânicas (XU et al., 2017; ROZAS et al., 2016).

2.2.1 Mecanismo de degradação utilizando TiO_2

O TiO2 é um material semicondutor largamente utilizado em POA com uma lacuna energética de 3,0 e 3,2 eV para as fases cristalinas rutilo e anatase, respectivamente. Como material semicondutor, ao absorver energia igual ou maior que sua lacuna energética, elétrons são excitados da banda de valência (BV) para a banda de condução (BC),

resultando em lacunas positivas (h+) na banda de valência, como mostra a Equação 1. Essa energia pode ser absorvida a partir de fótons (hν) da radiação UV (SELISCHEV et al., 2017; CAVALCANTI et al., 2016).

$$TiO_2 + h\nu \rightarrow TiO_2\ (e_{BC}^- + h_{BV}^+) \quad \text{(Equação 1)}$$

Esses elétrons e lacunas podem migrar para a superfície do semicondutor, onde são recombinados liberando calor (CAVALCANTI et al., 2016) ou participam em reações de oxirredução com substâncias aderidas à superfície do catalisador. A lacuna com alto potencial redox, quando combinada com espécies oxigenadas, como água e grupos hidroxila na superfície do material, pode gerar radicais capazes de oxidar completamente compostos orgânicos (Equações 2 e 3) ou até mesmo oxidar diretamente os poluentes orgânicos (Equação 4) (SELISCHEV et al. 2017; CAVALCANTI et al., 2016). Similarmente, o elétron pode ser doado a um aceitador de elétrons (por exemplo, oxigênio adsorvido) para produzir o radical superóxido (•O2-) (Equação 5), que então reage com um próton formando o radical hidroperoxila (•O2H), e subsequentemente H2O2, que pode ser reduzido a radicais hidroxila (Equações 6 e 7) (CAVALCANTI et al., 2016).

$$h_B^+ + H_2O \rightarrow \bullet OH_{livre} + H^+ \quad \text{(Equação 2)}$$

$$h_{BV}^+ + HO^-_{adsorvido} \rightarrow \bullet OH_{adsorvido} \quad \text{(Equação 3)}$$

$$h_{BV}^+ + R \rightarrow \bullet R^+ \quad \text{(Equação 4)}$$

$$e_{BC}^- + O_{2adsorvido} \rightarrow \bullet O_2 \quad \text{(Equação 5)}$$

$$\bullet O_2^- + H^+ \rightarrow \bullet O_2H \quad \text{(Equação 6)}$$

$$\bullet O_2H + H_2O \rightarrow H_2O_2 + \bullet OH \quad \text{(Equação 7)}$$

A adsorção representa um importante papel no mecanismo de oxidação de poluentes orgânicos em suspensão de TiO2. Se o substrato é fortemente adsorvido à superfície de TiO2, ele será diretamente oxidado nas lacunas; do contrário, os radicais •OH ligados à superfície do TiO2 mediam a rota indireta de oxidação (LV et al., 2016). Os produtos da reação dependem do tempo de irradiação e do tipo de substrato. Sob longos períodos de exposição à radiação UV, o nível de CO2 au-

menta permanentemente até atingir um valor constante (SELISCHEV et al., 2017).

Processos fotocatalíticos utilizando TiO2 despertam como uma nova tecnologia na proteção do ambiente. Muitos aspectos o tornam o melhor semicondutor para foto-catálise: alta eficiência, estabilidade fotoquímica, baixa seletividade e baixo custo. A principal desvantagem associada ao semicondutor é a rápida recombinação do par e-/h+ fotogerado (CAVALCANTI et al., 2016).

2.2.2 Mecanismo de degradação utilizando H_2O_2

O peróxido de hidrogênio é um oxidante largamente aplicado em POAs e demonstra uma grande promessa na remoção de poluentes orgânicos em água devido à alta eficiência e à simplicidade do mecanismo de reação. O H_2O_2 absorve a energia da radiação UV e se decompõe homoliticamente em radicais •OH, como mostra a Equação 8 (NAVARRO et al., 2017; RAIZADA et al., 2016).

$$H_2O_2 + h\nu \rightarrow 2\ \bullet OH \quad \text{(Equação 8)}$$

O potencial redox do radical hidroxila diminui com a elevação do pH havendo, para cada sistema e a depender do substrato, uma faixa de pH ótimo associado à maior velocidade de remoção das substâncias (XU et al., 2017; HIRAJIMA et al., 2017). A eficiência do sistema UV/H_2O_2 também depende das características da matriz aquosa, como turbidez e alcalinidade, além das características de execução do experimento, como superfície de contato e agitação (ROZAS et al., 2016). O uso de outros reagentes ou fontes de energia alternativas pode melhorar a eficiência da degradação. Outras substâncias podem causar efeito sinergético acelerando a formação de radicais (RAIZADA et al., 2016).

3. METODOLOGIA

Os efluentes utilizados no presente estudo foram obtidos no polo industrial têxtil a partir de uma lavanderia de jeans, localizada na cidade de Toritama, em Pernambuco, Brasil. As amostras foram coletadas antes da estação de tratamento de efluentes dessa lavanderia.

3.1 Método para suportar o TiO_2

Os lacres de alumínio foram obtidos através de latas de refrigerantes adquiridas no comércio local. Após o processo de limpeza dos lacres de alumínio, foram confeccionados suportes na forma de malhas conforme a Figura 1. As malhas de lacres foram calcinadas a 490°C durante 27 horas.

Figura 1. Malhas de alumínio utilizadas no experimento para impregnação. À esquerda, uma malha não submetida a calcinação e à direita uma malha após a calcinação.

Após a calcinação, realizou-se a impregnação do catalisador no suporte de alumínio. As malhas foram submersas na dispersão de TiO_2, durante cerca de 10 segundos. A dispersão aquosa de TiO_2 (2% m/v), em pH 2,5, foi preparada de acordo com o procedimento adaptado de Barros et al. (2014). Após esse processo, as malhas secaram na estufa incubadora (QUIMIS Q315M25), durante 1 hora, à temperatura de 35 °C. O procedimento de impregnação foi repetido até atingir a massa desejada de TiO_2 na superfície da malha estudada. Após a imobilização do TiO_2, as malhas impregnadas foram para mufla a 490 °C, durante 4 horas. As malhas foram caracterizadas utilizando Espectroscopia de absorção na região da Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e Difratometria de Raios X (DRX).

3.2 Caracterização da malha de lacres de alumínio

3.2.1 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

Foi utilizado o microscópio eletrônico de varredura da marca SHIMADZU, modelo SS-550, para a obtenção das imagens por MEV. A microscopia eletrônica de varredura foi utilizada para determinar a morfologia das amostras.

3.2.2 Difratometria de Raio X (DRX)

As amostras foram analisadas em um difratômetro XRD-6000, da SHIMADZU, com radiação Kα do Cu, potência de 2 kVA, voltagem de 30 kV e corrente de 30 mA. Foram feitas varreduras no intervalo de 2θ entre 20° e 80°, com um passo de 0,02° e velocidade de 2 s^{-1}. Os picos característicos dos materiais foram confrontados com as cartas cristalográficas 21-1272 e 21-1276 (*International Centre for Diffraction Data*); além disso foram comparados com a cristalografia do lacre de alumínio antes da imobilização do TiO_2.

3.3 Avaliação dos processos oxidativos avançados

Os experimentos de degradação dos efluentes têxteis foram realizados em reator fotocatalítico de bancada operando em batelada, sob agitação constante, para observar o melhor processo oxidativo. O reator consiste em uma câmara de 68x14x26 cm de dimensões internas, revestida internamente por material metálico refletivo, contendo uma lâmpada UVc Tovalight de 20 W no teto, e intensidade de radiação de 8,3 $W.m^{-2}$ que foi aferido com medidor de radiação MRUR-203, da Instrutherm Ltda.

Os experimentos foram realizados em células de vidro Pyrex cilíndricas, com capacidade volumétrica de 400 mL. A fim de se determinar o sistema com melhor degradação dos contaminantes do efluente, estudou-se combinações de H_2O_2 e TiO_2, expostas à radiação UVc (254 nm). Foram realizados os seguintes sistemas: UVc, UVc/H_2O_2, UVc/TiO_2, UVc/H_2O_2/TiO_2, UVc/H_2O_2/TiO_{2sup}. Alem disso, foram realizados estudos com ausência de radiação durante 360 min para os sistemas

supracitados com o intuído de avaliar se o oxidante e o catalisador degradam e/ou adsorve os contaminantes presentes no efluente

Para os sistemas contendo TiO_2 foram utilizados 100 mg fotocatalisador para 300 mL de efluente, adquiridos de Evonik Degussa Brasil Ltda., aplicados na forma de suspensão e suportado com o objetivo de se determinar a eficiência do suporte de alumínio. A quantidade de H_2O_2 (50 % v/v, Coremal/Pochtega) foi de 2,68 $g.L^{-1}$, calculada a partir da quantidade de oxigênio obtida na análise de DQO, cujo valor encontrado foi triplicado.

Cada um dos experimentos foi submetido à agitação magnética durante 360 minutos de degradação, retirando alíquotas ao longo desse tempo. A avaliação da degradação de cada sistema foi realizada através de um espectrofotômetro de UV-visível, o qual analisou a absorbância máxima dos compostos aromáticos no comprimento de 254 nm e do corante têxtil azul de metileno no comprimento de onda de 655 nm, em um Spectroquant Pharo 300.

O estudo cinético foi feito no software Microsoft Excel 2010, ajustado para o modelo pseudo-primeira ordem. A constante cinética da reação de degradação dos corantes (Equação 9) e tempo de meia-vida (Equação 10) foram calculados para o modelo de pseudo-primeira ordem.

$$\ln\left(\frac{C_t}{C_0}\right) = -Kt \quad \text{(Equação 9)}$$

$$t_{1/2} = \ln 2/k \quad \text{(Equação 10)}$$

Sendo *Ct* a concentração de corantes no tempo *t*; C_0 a concentração inicial de corante; e *k*, a constante cinética de velocidade.

3.4 Caracterização dos efluentes

Os efluentes antes (Ne) e após o tratamento foram caracterizados através dos seguintes parâmetros de qualidade da água: pH, turbidez,condutividade, cor aparente, sólidos totais dissolvidos, Nitrato e dmanda química de oxigênio (DQO), segundo conforme as metodologias estabelecidas pela *American Public Health Association* APHA (APHA , 2012).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização da malha de lacre de alumínio

A avaliação da morfologia e das microestruturas da superfície do material é observada pela Microscopia eletrônica de varredura (MEV). A Figura 2 apresenta a micrografia por MEV com as superfícies do material nas três fases do processo de impregnação, no alumínio puro, no alumínio calcinado e no alumínio calcinado e impregnado com TiO_2.

Figura 2. MEV: (a) alumínio ;(b) calcinado; (c) calcinado e impregnado

(a)

(b)

(c)

A superfície da malha de alumínio (Figura 2, a) foi modificada por processo físicos com o intuito de aumentar a sua área superficial. Desta forma pode ser observado um aumento na porosidade da superfície do suporte depois de passar pelo processo de calcinação (Figura 2, b) em relação ao alumínio puro (Figura 2, a). Esse aumento na porosidade, a partir do tratamento térmico, é necessário para possibilitar e facilitar a impregnação do catalisador na superfície (Figura 2, c).

O estudo dos padrões de Difratometria de Raio X (DRX) das amostras permite analisar a fase e a estrutura do material. Na figura 3 está representada o DRX para caracterizar a superfície do suporte impregnados com o TiO_2. Realizou-se a determinação qualitativa da composição cristalográfica no suporte de malha de alumínio pós imobilização com TiO_2. Os picos em 2θ de 43,2° e 44,8° acusam a presença de alumínio metálico no suporte. Os picos em 2θ= 25,5°, 37,2°, 38,6°, 48,3°, 55,0°, 62,6° e 75,1° referem-se à fase anatase, enquanto que a fase rutilo está indicada nos picos 2θ= 27,9°, 41,2°, 54,5°, 65,2° e 69,5° para os planos cristalográficos do TiO_2.

Figura 3. DRX da superfície do suporte

Como pode se observar na Figura 3, o tratamento térmico realizado no suporte de alumínio, a porcentagem de rutilo no catalisador é aumentada em relação ao TiO_2 P25, sendo observados no espectro diversos picos da fase rutilo. Apesar de a fase anatase apresentar uma maior atividade fotocatalítica, o aumento da porcentagem de rutilo no TiO_2 permite a facilitação da transferência de elétrons e a formação de grupos hidroxila, o que favorece a degradação do contaminante proposto (IWASZUK et al., 2013).

4.2 Avaliação dos processos oxidativos avançados

As amostras coletadas nos experimentos estudados foram quantificadas utilizando o Espectrofotômetro UV-Visível. Foi avaliado estudos cinéticos, utilizando o TiO_2 em suspensão, na ausência de radiação. Pode-se constatar que não houve remoção efetiva em nenhum dos experimentos realizados, pois radicais livres (•OH) não são formados efetivamente na ausência de radiação. Na figura 4 apresentam curvas de degradação do efluente têxtil por processos oxidativos avançados com 360 min de radiação UVC.

Figura 4. Curvas de degradação do efluente por processos de oxidativos avançados com duração de 360 min: (a) compostos aromáticos e (b) corante azul de metileno.

Os sistemas realizados UVc, UVc/H_2O_2, UVc/TiO_2, UVc/H_2O_2/TiO_2, UVc/H_2O_2/TiO_{2sup} obtiveram percentual de degradação (Figura 4) dos compostos aromáticos de 0,187%, 63%, 15%, 80,97 e 79,4% e, para o corante, de 0,98%, 68,8%, 38%, 98,4 e 96,9%, respectivamente, em 360 min.

Conforme observado na Figura 4, os melhores resultados na remoção dos contaminantes foram obtidos para os processos empregando a combinação do catalisador TiO_2 e do oxidante H_2O_2. Dessa forma, o sinergismo entre o TiO_2 e H_2O_2 foi benéfico na degradação dos contaminantes para as concentrações estudadas, devido à elevação da taxa global de geração dos radicais •OH no sistema. Enquanto os experimentos realizados na ausência de uma fonte de radiação não atingiram degradações significativas após 360 minutos em qualquer um dos sistemas estudados. Com a ausência de fonte de radiação, possivelmente, não houve a formação de radicais livres responsáveis pela degradação das moléculas orgânicas que apresentam uma alta resistência e estabilidade, como, por exemplo, os corantes.

Apesar do sistema com o TiO_2 em suspensão ter obtido um melhor rendimento inicialmente, devido à sua maior área de contato com a radiação, o sistema suportado atingiu uma degradação muito próxima do sistema em suspensão com diferença de 1% de degradação do corante e dos compostos aromáticos. Além disso, o sistema suportado tem como vantagem reduzir as etapas de remoção do catalisador do efluente, evitando assim a contaminação dos recursos hídricos por TiO_2 e aumentando a eficiência do processo.

4.3 Caracterização dos efluentes

Os efluentes antes (Ne) e após o tratamento UVc/H_2O_2/$TiO_{2SUPORTADO}$ foram caracterizados através dos seguintes parâmetros de qualidade da água: pH, turbidez,condutividade, cor aparente, sólidos totais dissolvidos, Nitrato e demanda química de oxigênio (DQO) (Tabela 1). O pH apresentou uma elevação devido, possivelmente, à liberaçao de hidroxilas (OH^-) pelo agente oxidante e pelo processo de degradação. A cor aparente, a condutividade, a turbidez, os sólidos totais dissolvidos, o nitrato e a DQO diminuíram consideravelmete, comprovando assim a eficiência do processo de degradação.

Tabela 1: Caracterização do efluente têxtil e do efluente pós-tratamento

Parâmetros	Ne	UVc/ $H_2O_2/TiO_{2SUPORTADO}$
pH	7,43	9,14
Cor Aparente	989	48,8
Condutividade(us/cm)	12040	9970
Turbidez	237	3.06
Sólidos Totais Dissolvidos(mg/L)	6010	4890
Nitrato (mg/L)	6,66	0,46
DQO (mg O2/L)	1476,72	161,29

5. CONCLUSÕES

Foi possível concluir que os sistemas realizados utilizando processos oxidativos avançados (POA) foram eficientes na degradação do efluente têxtil. Os suportes feitos de alumínio obtiveram uma eficiência bem próxima dos sistemas em suspensão. Além disso, utilizar um processo suportado tem grande vantagem comparativa em relação ao processo utilizando suspensão, pois evita as etapas de remoção do catalisador do efluente pós-tratado, dando maior rapidez ao processo e evitando também a contaminação dos recursos hídricos por catalisadores, nesse caso, o TiO2.

REFERÊNCIAS

AHMADI, M.; RAMEZANI MOTLAGH, H.; JAAFARZADEH, N.; MOSTOUFI, A.; SAEEDI, R.; BARZEGAR, G.; JORFI, S. Enhanced photocatalytic degradation of tetracycline and real pharmaceutical wastewaterusing MWCNT/TiO2 nano-composite. **Journal of Environmental Management** 186, 55–63, 2017.

ANFAR, Z.; HAOUTI, R. E.; LHANAFI, S.; BENAFQIR, M.; AZOUHARH, Y.; ALEM, N. E. Treated digested residue during anaerobic co-digestion of Agri-food organic waste: Methylene blue adsorption, mechanism and CCD-RSM design. **Journal of Environmental Chemical Engineering.** v. 5, p. 5857 – 5867, 2017.

APHA. Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water. 22nd Edition, American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation, 2012.

BARROS, A. L.; DOMINGOS, A. A. Q.; FECHINE, P. B. A.; KEUKELEIRE, D.; NASCIMENTO, R. F. PET as a support material for TiO_2 in advanced oxidation processes. **Journal of Applied Polymer Science**. Sci. 131 (2014) 1–9. doi:10.1002/app.40175, 2014.

BENSALAH, N; CHAIR, K; BEDOUI, A. Efficient degradation of tannic acid in water by UV/H2O2 process. **Sustainable Environment Research**, v. 28, p. 1-11, 2018.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente.**Resolução n°430, de 13 de maio de 2011.** Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), Brasília, DF, 2011.

CASTAÑEDA-DÍAZ J, PAVÓN-SILVA T, GUTIÉRREZ-SEGURA E, COLÍN--CRUZ A. Electrocoagulation-Adsorption to Remove Anionic and Cationic Dyes from Aqueous Solution by PV-**Energy Journal of Chemistry**, v.2017, p. 1-14, 2017.

CAVALCANTI, R.P.; DANTAS, R.F.; BAYARRI, B.; GONZÁLEZ, O.; GIMÉNEZ, J.; ESPLUGAS, S.; MACHULEK JUNIOR, A. Photocatalytic mechanism of metoprolol oxidation by photocatalysts TiO_2 and TiO_2 doped with 5% B: Primary active species and intermediates. **AppliedCatalysis B: Environmental**, v. 194, p. 111–122, 2016.

DAI, H.; SUN, Y.; NI, P.; LU, W.; JIANG, S.; WANG, Y.;LI, Z.; LI, Z. Three-dimensional TiO2 supported silver nanoparticles as sensitive and UV-cleanable substrate for surface enhanced Raman scattering, **Sensors Actuators B Chem**. 242 260–268, 2017.

DALPONTE, I; MATHIAS, AL; JORGE, RMM; WEINSCHUTZ, R. Degradação fotocatalítica de tartrazina com TiO2 imobilizado em esferas de alginato.**Quim. Nova**, v. 39, p. 1165-1169, 2016.

HASSAAN, MA; NEMR, AE; MADKOUR FF. Advanced oxidation processes of mordant violet 40 dye in freshwater and seawater. **Egyptian Journal of aquatic research**, v. 43, p. 1-9. 2017.

HERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ, M.J.; FERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ, C.F.; DOÑA-RODRÍGUEZ, J.M.D.; GONZÁLEZ-DÍAZ, O.M.G.; ZERBANI, D.; PEÑA, J.P. Treatment of effluents from wool dyeing process by photo-Fenton at solar pilot plant.**Journal of Environmental Chemical Engineering**, v.2, p.163–171, 2014.

HIRAJIMA, T., MIKI, H.; SUYANTARA, G.P.W.; MATSUOKA, H.; ELMAHDY, A.M.; SASAKI, K.; IMAIZUMI, Y.; KUROIWA, S**.** Selective flotation of chalcopyrite and molybdenite with H_2O_2 oxidation. **Minerals Engineering**, v. 100, p. 83–92, 2017.

HIR, Z.A.M.; MORADIHAMEDANI, P.; ABDULLAH, A.H.; MOHAMED, M.A. Immobilization of TiO2 into polyethersulfone matrix as hybrid film photocatalyst for effective degradation of methyl orange dye, Mater. **Sci. Semicond. Process**. 57 157–165, 2017

IWASZUK**,** A.; MULHERAN P.A.; NOLAN M. Use of TiO_2 photocatalyst supported on residues of polystyrene packaging and its applicability on there moval offooddyes. J. Mater. Chem. A, 1, 2515-2525, 2013**.**

KAUR, T.; SRAW, A.; WANCHOO, R.K.; Toor, A.P. Solar assisted degradation of carbendazim in water using clay beads immobilized with TiO2 & Fe doped TiO2. **Sol. Energy**. 162 45–56, 2017

KUNZ, A.; PERALTA-ZAMORA, P.; MORAES, S. G.; DURÁN, N. Novas tendências no tratamento de efluentes têxteis.**Quimica Nova**, v. 25, p. 78-82, 2002.

LI, G.; NANDGAONKAR, A.G.; WANG, Q.; ZHANG, J.; KRAUSE, W.E.; WEI, Q.; LUCIA, L.A. Laccase-immobilizedbacterialcellulose/TiO2 functionalizedcompositemembranes: Evaluation for photo- andbio-catalyticdyedegradation. **JournalofMembrane Science** 525, 89–98. 2017

LIMA, A.; GRACETTO, A.; BIONDO, C. E. G.; BATISTELA, V.; HIOKA, N.; SEVERINO, D.; MACHADO, A. E. H.; RODRIGUES, M. R.; OLIVEIRA, H. P. M. Efeito do Solvente Sobre as Propriedades Espectroscópicas do Azul de Metileno. **Xi encontro latino americano de iniciação científica e vii encontro latino americano de pós-graduação –** universidade do vale do paraíba, 2007, São José dos Campos, São Paulo, 2007.

LV, K.; GUO, X.; WU, X.; LI, Q.; HO, W.; LI, M.; YE, H.; DU, D. Photocatalytic selective oxidation of phenol to produce dihydroxybenzenes in a TiO_2/UV system: Hydroxyl radical versus hole. **Applied Catalysis B: Environmental**, v. 199, p. 405–411, 2016.

NAMAL, O. O.; KALIPCI, E. Adsorption kinetics of methylene blue using alkali and microwave modified apricot Stones. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, 2017.

NAVARRO, P.; GABALD, J.A.; GOMEZ-LOPEZ, V.M. Degradation of an azo dye by a fast and innovative pulsed light/H_2O_2 advanced oxidation process.**Dyes and Pigments,** v. 136, p. 887-892, 2017.

OANCEA, P.; MELTZER, V. Kinetics of tartrazine photodegradation by UV/H2O2 in aqueous solution. **Chemical Papers**, v. 68, p. 1-7, 2013.

OLIVEIRA, S. P.; SILVA, W. L. L.; VIANA, R. R. Avaliação da capacidade de adsorção do corante azul de metileno em soluções aquosas em caulinita natural e intercalada com acetato de potássio.**Cerâmica.** v.59**,** p. 338-344, 2013.

RAFATULLAH, M.; SULAIMANA, O.; HASHIMA, R.; AHMADB, A. Adsorption of methylene blue on low-cost adsorbents: A review. **Journal of Hazardous Materials.** v.177, p. 70–80, 2010.

RAIZADA, P.; SHANDILYA, P.; SINGH, P.; THAKUR, P. Solar light-facilitated oxytetracycline removal from the aqueous phase utilizing a H_2O_2/$ZnWO_4$/ CaO catalytic system. **Journal of Taibah University for Science**, 2016.

RASALINGAM, S.; PENG, R.; KOODALI, R. T. Removal of Hazardous Pollutants from Wastewaters: Applications of TiO_2 -SiO_2 Mixed Oxide Materials.**JournalofNanomaterials**, v. 62, 2014.

ROZAS, O; VIDAL, C; BAEZA, C; JARDIM, WF; ROSSNER, A; MANSILLA, HD. Organic micropollutants (OMPs) in natural waters: Oxidation by UV/H2O2 treatment and toxicity assessment. Water Research**, WaterResearch.**v. 98, p. 109-118, 2016.

SANDOVAL, A.; HERNÁNDEZ-VENTURA, C.; KLIMOVA, T. E. Titanate nanotubes for removal of methylene blue dye by combined adsorption and photocatalysis. **Fuel**, v. 198, p. 22–30, 2017.

SELISHCHEV, D.S.; KOLOBOV, N.S.; PERSHIN, A.A.; KOZLOV, D.V. TiO_2 mediated photocatalytic oxidation of volatile organic compounds: Formation of CO as a harmful by-product. **Applied Catalysis B: Environmental**, v. 200, p. 503–513, 2017.

SHAKOOR, S.; NASAR, A. Removal of methylene blue dye from artificially contaminated water using citrus limetta peel waste as a very low cost adsorbent. **Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers**, v. 66, p. 154–163, 2016.

SOUZA, R. P.; FREITAS, T. K. F. S.; DOMINGUES, F. S.; PEZOTI, O.; AMBROSIO, E.; FERRARI-LIMA, A. M.; GARCIA, J. C. Photocatalytic activity of TiO2, ZnO and Nb2O5 applied to degradation of textile wastewater. **Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry**. v. 239, p 9-17, 2016.

VARTOONI,R.; NASROLLAHZADEH, M.; SALAVATI, N.; ATAROD, M. Photocatalytic degradation of azo dyes by titanium dioxide supported silver nanoparticles prepared by a green method using Carpobrotusacinaciformis extract, **J. Alloys Compd**. 689 15–20, 2016.

VERMA, A. K.; DASH, R. R.; BHUNIA, P. A review on chemical coagulation/flocculation technologies for removal of colour from textile wastewaters. **Journal of Environmental Management.** v. 93, p. 154-168, 2012.

VERMA, A. K. Treatment of textile wastewaters by electrocoagulation employing Fe-Al composite electrode. **Journal of Water Process Engineering.** v. 20, p. 168–172, 2017.

XU, Z.; SHAN, C.; XIE, B.; LIU, Y.; PAN, B. Decomplexation of Cu(II)-EDTA by UV/persulfate and UV/H_2O_2: Efficiency and mechanism. **Applied Catalysis B: Environmental**, v. 200, p. 439–447, 2017.

5.5 PROCESSO OXIDATIVO AVANÇADO PARA TRATAMENTO DE CORANTES TÊXTEIS EM REATOR CONFECCIONADO COM MATERIAL RECICLADO SOB SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO

NEVES, Naiana Santos da Cruz Santana
Mestranda
Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal de Pernambuco (DEQ/UFPE)
naiana.santana@hotmail.com

PEREIRA, Pedro Manoel do Nascimento
Graduando
Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal de Pernambuco (DEQ/UFPE)
peedromanooel1998@gmail.com

SANTOS, Débora Maria dos
Graduanda
Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal de Pernambuco (DEQ/UFPE)
deboramaria_santos@hotmail.com

ROCHA, Otidene Rossiter Sá da
Docente
Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal de Pernambuco (DEQ/UFPE)
otidene@hotmail.com

RESUMO

As águas residuais coloridas provenientes das indústrias têxteis são fontes de poluição e eutrofização de ecossistemas. Dessa maneira, o Processo Oxidativo Avançado surge como uma alternativa para tratamento de águas residuais, degradando poluentes orgânicos persistentes com uso de espécies oxidantes e semicondutores ativados pela radiação. Os corantes azul de metileno e amarelo ouro remazol RNL 150 presentes neste trabalho são utilizados em larga escala na indústria têxtil. Foram realizados testes preliminares (Fotólise, TiO_2suspensão, TiO_2suspensão/H_2O_2, H_2O_2) para solução de 20 mg.L^{-1} de corante, utilizando reator confeccionado com caixas de margarina em série. O objetivo deste trabalho foi avaliar qual sistema apresentou o melhor percentual de degradação dos corantes presentes no efluente em 360 minutos. Dessa forma, o melhor sistema foi o H_2O_2/TiO_2suspensão para 100% de degradação em 240 minutos. Além disso, o sistema TiO_2suspensão/ H_2O_2 apresentou, em 360 minutos, 91% degradação para compostos aromáticos. O modelo de pseudoprimeira ordem apresentou bom ajuste com constante cinética igual a 0,0123 min^{-1}, coeficiente de regressão igual a 0,98825. Dessa maneria, o tratamento fotocatalítico apresentado neste trabalho é uma excelente alternativa para tratamento de águas residuais coloridas.

PALAVRAS-CHAVE: Fotocatálise, dióxido de titânio, reutilização de resíduos.

1. INTRODUÇÃO

Diante da necessidade da água para a sobrevivência dos organismos vivos, buscar melhorias para o tratamento de águas passou a ser um tema de preocupação mundial, visto que a gama e o volume de contaminantes utilizado pelas indústrias são bastante elevados. Entre os contaminantes presentes nos efluentes, os que apresentam cor são de fácil percepção e suas presenças, mesmo em traços, podem conferir ao meio receptor características tóxicas, mutagênicas e carcinogênicas. Além de impedir a penetração de luz, esses corantes não permitem a realização da atividade fotossintética, alterando, dessa forma, o equilíbrio aquático (SHAKOOR; NASAR, 2016).

Diferentes técnicas são adotadas para a remoção de corantes de águas residuais. Tem-se como tratamentos químicos a oxidação química, a oxidação eletroquímica e a ozonização. Para tratamentos biológicos, tem-se a biossorção; para tratamentos físicos, utilizam-se membranas de separação, troca iônica, adsorção; e, para químicos, degradação fotocatalítica. O método de degradação fotocatalítica destaca-se por ser um tratamento econômico e de fácil aplicação para soluções coloridas (CHATTERJEE et al., 2019).

Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo a avaliação da eficiência dos Processos Oxidativos Avançados (POAs) no tratamento de corantes presentes na indústria têxtil a partir de reator fotocatalítico confeccionado com embalagens de margarina, pós-consumo, à base de polipropileno.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os corantes sintéticos estão presentes em diversas linhas de processamento. Dentro dos processos, estão presentes na composição de vários tipos de têxteis, papéis, couro, alimentos, plásticos, cosméticos, borracha e tintura. Também são empregados no rastreamento das águas subterrâneas, para a determinação de área superficial específica de lama ativada e esgoto, e estão presentes em águas residuais de tratamento (YAGUB et al., 2014).

A indústria têxtil e alimentícia são as principais fontes de geração de contaminantes coloridos e, muitas vezes, seus efluentes são dire-

cionados diretamente aos corpos hídricos (SANDOVAL et al., 2017). Entre os contaminantes gerados pelo processo industrial têxtil, os compostos coloridos destacam-se, visto que são detectados visualmente no efluente. Como os corantes podem ser transportados a longas distâncias em cursos hídricos, sua ampla dispersão resulta no potencial efeito de contaminação dos mananciais. Além disso, os corantes sintéticos apresentam certa complexidade de degradação, visto a presença de compostos aromáticos em suas estruturas moleculares, além das propriedades xenobióticas (GRCIC et al., 2014; RASALINGAM et al., 2014).

O cloreto de 3,7-bis(dimetilamino)-fenazatiônio, comercialmente azul de metileno, é um dos corantes mais conhecidos da indústria têxtil, utilizado para tingimento de algodão, lã e seda, conforme Bayat et al.(2018). Esse corante catiônico apresenta estrutura aromática heterocíclica com massa molar igual a 319.85 $g.mol^{-1}$ e fórmula molecular $C_{16}H_{18}N_3SCl$. Quando em contato direto com seres humanos e outros animais, pode causar queimaduras nos olhos, cianose, convulsões, taquicardia, dispneia, irritação da pele e, se ingerido, causa irritação do sistema gastrointestinal, náusea, vômito e diarreia (VARGAS et al., 2011).

O corante amarelo ouro remazol RNL 150 apresenta peso molecular igual a 566,49 $g.mol^{-1}$ e fórmula molecular $C_{16}H_{16}N_4Na_2O_{10}S_3$. Os corantes chamados azoicos caracterizam-se pela presença de grupo azo (-N=N-) conjuntamente a sistemas aromáticos e grupos funcionais como -OH e $-SO_3H$. Embora possuam fácil processo de produção, são extremamente resistentes a tratamentos para sua remoção ou degradação. Devido ao grau de toxicidade dessa classe de corantes, iniciou-se mundialmente uma tendência para a redução do uso, visto que em alguns países já são existentes restrições ao uso. (ZAFAR et al., 2018; ESPINOZA et al., 2016; ZANONI; YANAMAKA, 2016).

O processo oxidativo avançado se apresenta como uma tecnologia promissora para a degradação de poluentes orgânicos em meio aquoso, visto que ocorre em condições de temperatura e pressão ambiente (GUPTA et al., 2015). Caracteriza-se pela oxidação de moléculas orgânicas a partir da formação de radicais reativos, conforme Figura 1, e gerando como subprodutos CO_2 e H_2O (AKTI et al., 2018).

Figura 1. Mecanismo simplificado para mineralização de compostos orgânicos por diversos POAs.

Fonte: Lima; Almeida; de Paula (2017).

A utilização de fontes luminosas e oxidantes que são transformados ao longo do processo caracteriza o processo de foto-oxidação, enquanto que o uso de substâncias semicondutoras que podem ser recolhidas ao final da reação é chamado de fotocatálise. A utilização apenas das fontes luminosas, denominada fotólise, também é utilizada, embora apresente menor eficiência que os demais processos. Sistemas de fotocatálise heterogênea têm apresentado alternativas muito viáveis economicamente para a indústria na remoção de poluentes resistentes aos tratamentos convencionais e com potencial nocivo à saúde humana e ao meio ambiente (HOLKAR et al., 2016).

Entre os sistemas utilizados no processo, encontram-se os que utilizam o peróxido de hidrogênio (H_2O_2) como agente oxidante e o dióxido de titânio (TiO_2) como fotocatalisador. O efeito sinérgico da combinação entre essas espécies tem sido investigado por diversos pesquisadores. Para que os radicais sejam gerados, é necessária a excitação dessas substâncias, mais comumente promovida por fótons, em especial por luz ultravioleta (UV) (GUPTA et al., 2012).

Entre os diversos semicondutores utilizados, o TiO_2 tem sido um dos mais usados pela eficiência, baixo custo, não toxicidade e estabilidade fotoquímica. Para as formas rutilo e anatase, sua banda energética é igual a 3,0 e 3,2 eV, respectivamente (BETHI et al., 2016). A absorção de energia pela incidência de luz ultravioleta promove a excitação de elétrons da banda de valência para a banda de condução, ocasionando

a formação de lacunas na banda de valência (Equação1). As lacunas positivas reagem com água e com o íon hidróxido adsorvido na superfície para produção de radicais hidroxilas livres e adsorvidos (Equações 2 e 3) ou oxidam diretamente os poluentes orgânicos (Equação 4). O elétron doado para um aceptor de elétrons (oxigênio adsorvido) produz o radical aniônico superóxido, $\bullet O_2^-$ (Equação 5). Esse radical reage com próton para formar o radical hidroperoxila (Equação 6) e , em sequência, H_2O_2 que reduz a outros radicais •OH (Equações 7) (SELISHCHEV et al., 2017; CAVALCANTE et al., 2016).

$TiO_2 + h\nu \rightarrow TiO_2\ (eBC^- + hBV^+)$ (Equação 1)

$hBV^+ + H_2O \rightarrow \bullet OH_{livre} + H^+$ (Equação 2)

$hBV^+ + HO\text{-}_{adsorvido} \rightarrow \bullet OH_{adsorvido}$ (Equação 3)

$hBV^+ + R \rightarrow \bullet R^+$ (Equação 4)

$eBC^- + O_{2adsorvido} \rightarrow \bullet O_2^-$ (Equação 5)

$\bullet O_2^- + H^+ \rightarrow \bullet O_2H$ (Equação 6)

$\bullet O_2H + H_2O \rightarrow H_2O_2 + \bullet OH$ (Equação 7)

Sendo BV a banda de valência e BC, a banda de condução.

O H_2O_2, ao absorver a energia da radiação UV, decompõe-se rapidamente em radicais hidroxilas (Equação 8). A quebra homolítica da molécula exige mais energia e, portanto, acontece em comprimentos de onda mais baixos, como a radiação UVC (λ=100 – 280 nm), do que na presença de das radiações UVB (280 – 320 nm) e UVA (320 – 400 nm), por exemplo, que são menos energéticas (ADAK et al., 2015).

$H_2O_2 + h\nu \rightarrow 2\ \bullet OH$ (Equação 8)

A busca por técnicas que aumentem a eficiência do processo oxidativo a um baixo custo faz do desenvolvimento de novos reatores fotocatalíticos uma vertente interessante do POA. Reatores fotocatalíticos

confeccionados de materiais reciclados, além de possibilitarem a reutilização de resíduos, permitem uma versatilidade para o processo de oxidação avançada, são de fácil montagem e aumentam o volume de solução a ser tratada (COLMENARES et al., 2015). Para garantia da sua eficiência, deve haver o contato ideal entre a luz, os locais de reação e os poluentes a serem tratados (AMIRI; AYATI; GANJIDOUST, 2017).

Para avaliação da degradação de corantes em solução, Santos et al. (2018) afirmam que a taxa de degradação para mistura de corantes deve considerar a fotólise, a reação química e a fotocatálise acontecendo de forma simultânea para processo UVc/TiO_2/H_2O_2. Considerando que a concentração de corantes é pequena e que a concentração de peróxido é constante, obtém-se o ajuste linear para o modelo cinético de pseudoprimeira ordem (Equação 9).

$$\frac{[C]}{[C]_0} = e^{-k_1 t} \quad \text{(Equação 9)}$$

Sendo [C] a concentração de corantes em $mg.L^{-1}$ e $k_{1,}$ a taxa de reação para o processo fotocatalítico.

Assim para o cálculo do tempo de meia vida tem-se a Equação 10:

$$t_{1/2} = \frac{-\mathrm{h}\ 0{,}5}{k_1} \quad \text{(Equação 10)}$$

3. METODOLOGIA

Foram realizados testes preliminares (Fotólise, TiO_2suspensão, TiO_2suspensão/H_2O_2, H_2O_2) para 1,8 L de solução com concentração total de corantes igual 20 $mg.L^{-1}$, sendo 10 $mg.L^{-1}$ para cada corante, com sistema em recirculação com reservatório com capacidade máxima de 2L acoplado ao reator confeccionado com 3 caixas de margarina (polipropileno) em série com capacidade individual de 0,35 L para determinação do melhor sistema de degradação com eletrobomba de máquina de lavar (Robertshaw, 34 W) para promover a recirculação e consequente mistura da solução. Os experimentos foram realizados sob agitação magnética (em cada recipiente de margarina) e com

radiação UV-c (λ= 254 nm) germicida 20W (Tovalight) em reator fotocatalítico por 360 minutos.

Para os experimentos que utilizaram TiO_2, a concentração foi de 333 $mg.L^{-1}$. A quantidade de oxidante utilizada experimentalmente foi igual a 154,4 $mmol.L^{-1}$, valor referente ao dobro da quantidade prevista pelo cálculo estequiométrico.

A degradação e a remoção dos corantes foram avaliadas utilizando um espectrofotômetro de ultravioleta/visível (UV-Vis), Spectroquant Pharo 300. A quantificação dos compostos aromáticos foi avaliada no comprimento de onda de 254 nm e, para os corantes AO e AM, as leituras foram realizadas em 410 e 663 nm, respectivamente. O percentual de degradação foi obtido pela Equação (11).

$$\% = \frac{[C]_0 - [C]_t}{[C]_0} \times 100 \qquad \text{(Equação 11)}$$

O ajuste cinético para o modelo de pseudoprimeira ordem para o melhor sistema de degradação foi realizado com auxílio do software *Origin 8.0*.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estudo preliminar foi realizado de modo a verificar qual processo oxidativo avançado apresentou comportamento mais eficiente na degradação dos corantes AO e AM durante 360 minutos, conforme a Figura 2.

Figura 2. Degradação para corantes têxteis em solução aquosa por Processo Oxidativo Avançado. $[C_0]$=20mg.L^{-1}, $[H_2O_2]$= 154,4 mmol.L^{-1} e m_{TiO2} = 600mg.

Fonte: Autor.

O sistema com maior percentual de degradação para os contaminantes foi o TiO_2suspensão/H_2O_2, visto que, em 240 minutos, 100% dos compostos coloridos foram degradados. Os sistemas, H_2O_2, TiO_2suspensão e fotólise, apresentaram 66%, 86% e 33% de degradação para os corantes em 360 minutos, respectivamente. O resultado obtido é semelhante ao estudo de (GUPTA et al., 2012), no qual as eficiências de descoloração foram 17%, 26%, 38% e 64% nas execuções UV, UV + H_2O_2, UV + TiO_2 e UV + TiO_2 + H_2O_2 após aproximadamente 100 minutos de iluminação, respectivamente, para o corante amaranto.

O percentual de degradação dos compostos aromáticos para os sistemas estudados estão dispostos na Figura 3. Para os compostos aromáticos os sistemas fotólise, TiO_2suspensão, TiO_2suspensão/H_2O_2, H_2O_2 apresentaram 35% , 70%, 91% e 35% de degradação, respectivamente.

Figura 3. Degradação para compostos aromáticos em solução aquosa por Processo Oxidativo Avançado. $[C_0]$=20mg.L^{-1}, $[H_2O_2]$= 154,4 mmol.L^{-1} e m_{TiO2} = 600mg.

Fonte:Autor.

A avaliação cinética para o sistema TiO_2suspensão/H_2O_2 de degradação dos corantes foi ajustada para o modelo de pseudoprimeira ordem, de acordo com a Figura 4.

Figura 4. Evolução cinética do processo de degradação da mistura binária de corantes por processo oxidativo avançado com ajuste ao modelo cinético de pseudoprimeira ordem.

Fonte: Autor.

O modelo apresentou constante cinética igual a 0,0123±5,49 (min^{-1}), coeficiente de regressão igual a 0,98825 e resíduo igual a 0,01851, conforme pode ser observado pelas Figuras 4 e 5. O tempo de meia-vida para o sistema foi estimado pela Equação 2 em 56,22 minutos.

Figura 5. Valores residuais obtidos a partir da comparação entre os dados experimentais de degradação dos corantes e o modelo cinético de pseudo-primeira ordem.

Fonte: Autor.

Segundo Ariyanti, Maillot e Gao (2018), o trabalho apresentou constante cinética de mesma ordem de grandeza para a degradação do corante têxtil laranja de metila com diferentes dosagens de TiO_2 em suspensão.

Assim, o reator confeccionado com recipientes de margarina pós-consumo, além de apresentar uma possibilidade de reuso para esse tipo de resíduo sólido, se apresentou como excelente alternativa para tratamento de corantes têxteis, visto que apresentou 100% de degradação em 240 minutos de tratamento.

5. CONCLUSÕES

O melhor sistema para degradação dos corantes têxteis foi H_2O_2/ TiO_2suspensão com 100% de degradação em 240 minutos. Os demais

sistemas, H_2O_2, TiO_2suspensão e Fotólise, apresentaram 66%, 86% e 33% de degradação para os corantes, respectivamente, em 360 minutos. Para compostos aromáticos, os sistemas Fotólise, TiO_2suspensão, H_2O_2/TiO_2suspensão e H_2O_2 apresentaram, em 360 minutos, 35%, 70%, 91% e 35% de degradação, respectivamente. O modelo de pseudoprimeira ordem apresentou bom ajuste com constante cinética igual a 0,0123 min^{-1}, coeficiente de regressão igual a 0,98825. Assim, o tratamento fotocatalítico desenvolvido neste trabalho é uma excelente alternativa para reutilização de resíduos a base de polipropileno, além de se apresentar como técnica eficiente para tratamento de águas residuais coloridas.

REFERÊNCIAS

ADAK, A.; MANGALGIRI; LEE, J.; BLANEY, L. UV irradiation and UV-H2O2advanced oxidation of the roxarsone and nitarsone organoarsenicals. **Water Research**, v. 70, p. 74–85, 2015.

AKTI, F. Photocatalytic degradation of remazol yellow using polyaniline–doped tin oxide hybrid photocatalysts with diatomite support. **Applied Surface Science**, v. 455, p. 931–939, 2018.

AMIRI, H.; AYATI, B.; GANJIDOUST, H. Mass transfer phenomenon in photocatalytic cascade disc reactor: Effects of artificial roughness and flow rate. **Chemical Engineering and Processing - Process Intensification**, v. 116, p. 48–59, 2017.

ARIYANTI, D.; MAILLOT, M.; GAO, W. Photo-assisted degradation of dyes in a binary system using TiO2under simulated solar radiation. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 6, n. 1, p. 539–548, 2018.

BAYAT, M.; JAVANBAKHT, V.; ESMAILI, J. Synthesis of zeolite/nickel ferrite/sodium alginate bionanocomposite via a co-precipitation technique for efficient removal of water-soluble methylene blue dye. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 116, p. 607–619, 2018.

BETHI, B.; SONAWANE, S. H.; BHANVASE, B. A.; GUMFEKAR, S. P. Nanomaterials-based advanced oxidation processes for wastewater treatment: A review. **Chemical Engineering and Processing: Process Intensification**, v. 109, p. 178–189, 2016.

CAVALCANTE, R. P.; DANTAS, R. F.; BAYARRI, B.; GONZÁLEZ, O.; GIMÉNEZ, J.; ESPLUGAS, S.; MACHULEK, A. Photocatalytic mechanism of metoprolol oxidation by photocatalysts TiO2and TiO2doped with 5% B: Primary active species and intermediates. **Applied Catalysis B: Environmental**, v. 194, p. 111–122, 2016.

CHATTERJEE, M. J.; AHAMED, S. T.; MITRA, M.; KULSI, C.; MONDAL, A.; BANERJEE, D. Visible-light influenced photocatalytic activity of polyaniline -bismuth selenide composites for the degradation of methyl orange, rhodamine B and malachite green dyes. **Applied Surface Science**, v. 470, p. 472–483, 2019.

COLMENARES, J. C.; KUNA, E.; JAKUBIAK, S.; MICHALSKI, J.; KURZYDŁOWSKI, K. Polypropylene nonwoven filter with nanosized ZnO rods: Promising hybrid photocatalyst for water purification. **Applied Catalysis B: Environmental**, v. 170–171, p. 273–282, 2015.

ESPINOZA, C.; ROMERO, J.; VILLEGAS, L.; CORNEJO-PONCE, L.; SALAZAR, R. Mineralization of the textile dye acid yellow 42 by solar photoelectro-Fenton in a lab-pilot plant. **Journal of Hazardous Materials**, v. 319, p. 24–33, 2016.

GRČIĆ, I.; PAPIĆ, S.; MESEC, D.; KOPRIVANAC, N.; VUJEVIĆ, D. The kinetics and efficiency of UV assisted advanced oxidation of various types of commercial organic dyes in water. **Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry**, v. 273, p. 49–58, 2014.

GUPTA, V. K.; JAIN, R.; MITTAL, A.; SALEH, T. A.; NAYAK, A.; AGARWAL, S.; SIKARWAR, S. Photo-catalytic degradation of toxic dye amaranth on TiO2/UV in aqueous suspensions. **Materials Science and Engineering C**, v. 32, n. 1, p. 12–17, 2012.

GUPTA, V. K.; KHAMPARIA, S.; TYAGI, I.; JASPAL, D.; MALVIYA, A. Decolorization of mixture of dyes: A critical review. **Global J. Environ. Sci. Manage. Global J. Environ. Sci. Manage**, v. 1, n. 11, p. 71–94, 2015.

HOLKAR, C. R.; JADHAV, A. J.; PINJARI, D. V.; MAHAMUNI, N. M.; PANDIT, A. B. A critical review on textile wastewater treatments: Possible approaches. **Journal of Environmental Management**, v. 182, p. 351–366, 2016.

LIMA, D. R. S.; ALMEIDA, I. L. A.; DE PAULA, V.I.. Degradação de Corantes por Processos Oxidativos Avançados Degradação de Corantes por Processos Oxidativos Avançados. **Revista Eletrônica Multidisciplinar - FACEAR**, 2017.

RASALINGAM, S.; PENG, R.; KOODALI, R. T. **Removal of Hazardous Pollutants from Wastewaters:** Applications of TiO 2 -SiO 2 Mixed Oxide Materials. v. 2014, 2014.

SANDOVAL, A.; HERNÁNDEZ-VENTURA, C.; KLIMOVA, T. E. Titanate nanotubes for removal of methylene blue dye by combined adsorption and photocatalysis. **Fuel**, v. 198, p. 22–30, 2017.

SANTOS, M. M. DE M.; DUARTE, M. M. M. B.; NASCIMENTO, G. E. DO; SOUZA, N. B. G. DE; ROCHA, O. R. S. DA. Use of TiO2photocatalyst supported on residues of polystyrene packaging and its applicability on the removal of food dyes. **Environmental Technology (United Kingdom)**, v. 3330, p. 1–14, 2018.

SELISHCHEV, D. S.; KOLOBOV, N. S.; PERSHIN, A. A.; KOZLOV, D. V. TiO2mediated photocatalytic oxidation of volatile organic compounds: Formation of CO as a harmful by-product. **Applied Catalysis B: Environmental**, v. 200, p. 503–513, 2017.

SHAKOOR, S.; NASAR, A. Removal of methylene blue dye from artificially contaminated water using citrus limetta peel waste as a very low cost adsorbent. **Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers**, v. 66, p. 154–163, 2016.

VARGAS, A. M. M.; CAZETTA, A. L.; KUNITA, M. H.; SILVA, T. L.; ALMEIDA, V. C. Adsorption of methylene blue on activated carbon produced from flamboyant pods (Delonix regia): Study of adsorption isotherms and kinetic models. **Chemical Engineering Journal**, v. 168, n. 2, p. 722–730, 2011.

YAGUB, M. T.; SEN, T. K.; AFROZE, S.; ANG, H. M. Dye and its removal from aqueous solution by adsorption: A review. **Advances in Colloid and Interface Science**, v. 209, p. 172–184, 2014.

ZAFAR, M. N.; DAR, Q.; NAWAZ, F.; ZAFAR, M. N.; IQBAL, M.; NAZAR, M. F. Effective adsorptive removal of azo dyes over spherical ZnO nanoparticles. **Journal of Materials Research and Technology**, n. x x, p. 1–13, 2018.

ZANONI, M. V. B.; YANAMAKA, H. **Corantes: Caracterização química, toxicológica, métodos de detecção e tratamento**. [s.l: s.n.].

5.6 TRATAMENTO DE EFLUENTE TÊXTIL POR ADSORÇÃO EM CASCA DE LIMÃO ATIVADO

SANTANA, Ingrid Larissa
Graduanda
Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal de Pernambuco (DEQ/UFPE)
ingrid---larissa@hotmail.com

NEVES, Naiana Santos da Cruz Santana
Mestranda
Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal de Pernambuco (DEQ/UFPE)
naiana.santana@hotmail.com

LUNGUINHO, Caio Silva
Graduando
Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal de Pernambuco (DEQ/UFPE)
kiolunguinho@gmaill.com

ROCHA, Otidene Rossiter Sá da
Docente
Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal de Pernambuco (DEQ/UFPE)
otidene@hotmail.com

RESUMO

Os corantes sintéticos da indústria têxtil apresentam-se como contaminantes de estrutura extremamente estável, complexa e de difícil degradação, tornando a sua remoção mais difícil por tratamentos convencionais. Além de conferirem coloração aos mananciais em que são lançadas as águas residuais, esses corantes dificultam o processo de fotossíntese e podem desequilibrar o sistema aquático. O uso de técnicas eficientes, como a adsorção, favorecem o desenvolvimento de estudos nessa área. Dessa maneira, este trabalho tem como objetivo desenvolver um adsorvente proveniente da casca de limão, resíduo agroindustrial ativado quimicamente utilizando ácido orto-fosfórico como agente desidratante. Esse mesmo agente é responsável pela ativação dos poros das cascas quando submetidos a temperaturas elevadas. A eficiência de remoção do corante azul de metileno pelo adsorvente foi avaliada para efluente têxtil real proveniente do pólo de confecções situado na cidade de Toritama, em Pernambuco. O ponto de carga zero para o carvão ativado foi igual a 4. Além disso, esse adsorvente apresentou, pelo estudo de dosagem e pelo estudo cinético, uma relação ideal de 8 $g.L^{-1}$, sendo o equilíbrio atingido em 90 minutos. Dessa maneira, o carvão ativado de casca de limão apresentou-se como uma alternativa eficiente e de baixo custo para tratamento de efluentes têxteis.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduo agroindustrial, adsorvente, corantes sintéticos.

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, como resultado do rápido aumento na população mundial, a quantidade de poluentes que são descarregados das indústrias nos sistemas de água vem aumentando consideravelmente. Muitas vezes, esses poluentes, como metais pesados e corantes, são tóxicos e apresentam sérios problemas, podendo afetar ecossistemas e ameaçar a saúde humana (SANDOVAL et al., 2017).

Entre as indústrias químicas, as têxteis têm apresentado crescimento elevado devido à demanda por corantes têxteis, sendo os corantes reativos a classe de corantes mais aplicada no processo de tingimento. Consequentemente, consideráveis quantidades de corantes têm sido lançadas no meio ambiente (DEHGHANI et al., 2016).

Os corantes são classificados de acordo com sua estrutura química e são compostos de grupos de átomos responsáveis pela cor, chamados cromóforos (ALI et al., 2015). A estrutura química da maioria dos corantes existentes é bastante complexa e isso os tornam resistentes; em muitos casos, permanecem estáveis quando expostos à luz, calor e agentes oxidantes (ALI et al., 2016).

Dessa forma, corantes quando descartados nos recursos hídricos sem tratamento prévio conferem coloração parcial à água. Como consequência, a luz solar deixa de atingir de forma completa as plantas aquáticas, o que dificulta o processo de fotossíntese dos mananciais e altera a sistemática de vida aquática. Os corantes também elevam a carga orgânica das águas naturais, diminuindo a quantidade de oxigênio dissolvido no meio (HISAINDEE; MEETANI; RAUF, 2013; HOLKAR et al., 2016).

Diferentes técnicas de tratamento físico, químico e biológico são utilizadas no tratamento de água residuais coloridas (ALCOCER et al., 2018; KAUR; DUHAN, 2017). Entre as técnicas de tratamento físico existentes, o processo de adsorção se destaca pela facilidade de regeneração e baixos custos (ANGIN, 2014), além de evitar a utilização de solventes tóxicos e maximizar o tratamento (SOTO et al., 2011).

O carvão ativado é o adsorvente mais utilizado com grande sucesso devido à sua alta capacidade de adsorção, mas seu uso é limitado devido ao seu alto custo. Com isso, deu-se início a uma busca por substitutos mais baratos. Sendo assim, materiais naturais que estão dispo-

níveis em grandes quantidades podem ter potencial com adsorventes baratos devido ao seu baixo custo. A abundância e disponibilidade de subprodutos agrícolas tornam os carvões provenientes de matéria-prima renovável boas fontes de matérias-primas para carbonos ativados (AMIN, 2009).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi realizar o tratamento de efluente têxtil de matriz real pelo processo de adsorção, tendo como adsorvente o carvão ativado, a partir de resíduo agroindustrial de casca de limão.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A contaminação química da água a partir de uma ampla gama de poluentes orgânicos e inorgânicos, tais como metais tóxicos,hidrocarbonetos como Benzeno, Tolueno, Etil-benzeno e os Xilenos (BTEX) e hidrocarbonetos aromáticos policiclicos (HPAs), ânions, entre outros, desencadeou a necessidade de desenvolver tecnologias no intuito de remover esses poluentes encontrados em resíduos líquidos e gasosos. Essas substâncias, achadas em grandes quantidades nos efluentes, geralmente oferecem resistência a métodos de degradação biológica ou não são removidos efetivamente por métodos de tratamento físico-químicos (NASCIMENTO et al., 2014).

Para que haja garantia da preservação dos recursos hídricos, no Brasil, a Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011, do Conselho Nacional de Meio Ambiente (Conama), estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes em corpos receptores, visando garantir bons padrões de qualidade das águas (BRASIL, 2011). Dessa maneira, apenas os efluentes dentro dos limites exigidos pela norma podem ser descartados.

2.1 Efluentes da indústria têxtil

A indústria têxtil no Brasil utiliza em seus processos cerca de 4 mil toneladas de corantes, sendo que 20% desse consumo é despejado na forma de efluentes a cada ano (DALLAGO et al., 2005). Somente o processo de tingimento é responsável por 10% a 40% da poluição causada por efluentes têxteis nos cursos d'água (MARTINS,1997). Além disso,

a maioria deles é classificada como tóxica e até cancerígena para organismos aquáticos e humanos (AHMAD; RAHMAN, 2011).

O efluente têxtil é composto por diversos contaminantes, entre eles os corantes sintéticos, surfactantes, detergentes e outras matrizes orgânicas (LIANG et al., 2017). Os corantes sintéticos, em especial, possuem composição complexa que tornam sua estrutura extremamente estável e de difícil degradação (CASTAÑEDA-DÍAZ et al., 2017).

2.2 Corante azul de metileno

Entre os corantes presentes no efluente têxtil real, o azul de metileno (AM) é o mais comum. É um composto solúvel em água e amplamente utilizado para tingimento (ALI et al., 2015). O azul de metileno, que é um composto aromático heterocíclico, solúvel em água e inodoro, possui peso molecular de 319,85 $g.mol^{-1}$ e características catiônicas (CASTRO et al., 2009); sua fórmula molecular é $C_{16}H_{18}ClN_3S$. A Figura 1 apresenta a estrutura química do azul de metileno.

Figura 1. Estrutura química do corante azul de metileno.

Fonte: LIMA et al., 2007.

Além disso, pertence à classe dos corantes reativos, possuindo nomenclatura de cloreto de *3,7-bis*(*dimetilamino*)-fenotiazina-5-io. Mesmo em baixas concentrações, a presença do azul de metileno em solução é visível, produzindo uma coloração vinho-violeta (ANFAR et al., 2017).

2.3 Adsorção

A adsorção é uma operação de transferência de massa que estuda a habilidade de certos sólidos em concentrar na sua superfície determinadas substâncias existentes em fluidos líquidos ou gasosos, possibilitando a separação dos componentes desses fluidos. Nesse processo, não há a formação de intermediários, conforme acontece com processos oxidativos avançados, por exemplo. Uma vez que os componentes adsorvidos concentram-se sobre a superfície externa, quanto maior for essa superfície externa por unidade de massa sólida, tanto mais favorável será a adsorção. Por isso, geralmente os adsorventes são sólidos com partículas porosas. A espécie que se acumula na interface do material por interação química (quimissorção) ou física (fisissorção) normalmente denomina-se de adsorvato ou adsorbato, e a superfície sólida na qual o adsorvato se acumula, de adsorvente ou adsorbente (NASCIMENTO et al., 2014).

Os processos de separação por adsorção estão baseados em três mecanismos distintos: o mecanismo estérico, o mecanismo de equilíbrio e o mecanismo cinético. Para o mecanismo estérico, os poros do material adsorvente possuem dimensões características, as quais permitem que determinadas moléculas possam entrar, excluindo as demais. Para os mecanismos de equilíbrio, têm-se as habilidades dos diferentes sólidos para acomodar diferentes espécies de adsorvatos, que são adsorvidos, preferencialmente, a outros compostos. O mecanismo cinético está baseado nas diferentes difusividades das diversas espécies nos poros adsorventes (DO, 1998; NASCIMENTO et al., 2014).

A temperatura, a pressão e a área superficial do adsorvente são variáveis que influenciam no processo de adsorção, sendo que adsorventes podem se distinguir entre carvão ativado, adsorventes sintéticos poliméricos, resinas de troca iônica, inorgânicos, adsorventes naturais de baixo custo e outros (FERNANDES et al., 2010; NASCIMENTO et al., 2014).

Vários são os fatores que influenciam na adsorção, um dos mais importantes é o pH da solução. O pH da solução afeta não só a estrutura da molécula do adsorbato, como a carga líquida na superfície do adsorvente. Um parâmetro importante a ser conhecido é o Ponto de Carga Zero (pH_{pcz}), que é definido como o pH no qual a carga líquida

na superfície do adsorvente é igual a zero. A adsorção de corantes aniônicos, ou seja, aqueles que se tornam ânions em solução, é favorecida em pH inferiores ao pH_{pcz} do adsorvente, devido à carga líquida positiva em sua superfície. De modo análogo, corantes catiônicos tem sua adsorção favorecida em pH maiores que o pH_{pcz} do adsorvente (ONG, et al., 2014; PLAZINSKI, 2013; BANERJEE, et al. 2013).

O diâmetro médio das partículas do adsorvente é outro parâmetro de importância na adsorção. Quanto menor a partícula do adsorvente, maior é a superfície disponível para a adsorção e maior é a capacidade de adsorção do adsorvente (NETHAJI; SIVASAMY, 2011).

2.2.1 Adsorvente a partir de resíduos agroindustriais

O uso de resíduos agroindustriais como matéria prima para adsorventes vem sendo fonte de diversas pesquisas a fim de determinar técnicas de preparação e aplicação desses biomateriais para a remoção de vários poluentes tóxicos (TAYLOR et al., 2015). Comparado com a fabricação tradicional com procedimentos complicados e alto custo dos carvões ativados comerciais, carvões à base de biomassa são preferidos pela indústria atualmente devido às suas múltiplas vantagens, incluindo baixo custo, reciclabilidade, sustentabilidade e preservação ambiental (LI et al., 2018).

Existem vários tipos de adsorventes, porém o carvão ativado, em forma de granulado ou pó, é o adsorvente mais utilizado no tratamento de efluentes por apresentar uma considerável eficácia na remoção de cor de águas contendo corantes reativos, básicos, azóicos, metalizados e em efluentes domésticos e industriais (FERNANDES et al.; 2010). Além disso, o carvão ativado destaca-se por sua alta área superficial específica e porosidade (ASADULLAH et al.;2010).

Com o objetivo de valorização dos resíduos agroindustriais na retenção dos corantes, são testadas várias metodologias de ativação desses resíduos. Alguns trabalhos da literatura reportam esses diferentes métodos, como a metodologia de ativação a partir de hidróxido de sódio (NaOH) para casca de banana e laranja (AMEL et al., 2012), a ativação da casca da romã por tratamento químico seguido de pirólise (AMIN, 2009) e a ativação da casca de rabutan por KOH induzida por micro-ondas (NJOKU et al., 2014).

Sendo assim, adsorção é um processo de separação que ganha destaque pelo seu baixo custo operacional, metodologia de simples aplicação e pela sua alta performance no tratamento de efluentes industriais (BHATTI et al., 2015).

2.2.2 Estudo cinético e de equilíbrio

Vários modelos cinéticos lineares são utilizados para examinar o mecanismo controlador do processo de adsorção, tais como reação química, controle da difusão e transferência de massa. Contudo, os modelos empregados com maior frequência são os de pseudoprimeira ordem e de pseudosegunda ordem (ROCHA et al., 2012).

O modelo de pseudoprimeira ordem baseia-se em uma análise simples da cinética de adsorção, realizada pela equação de Lagergren (LAGERGREN,1898), baseada na capacidade dados sólidos, e é dado pela equação 1 (NASCIMENTO et al., 2014).

$$\frac{dq_t}{d_t} = k_1(q_e - q_t) \quad \text{(Equação 1)}$$

Em que: k_1, constante da taxa de adsorção de pseudoprimeira ordem (min^{-1}); e q_e e q_t: são as quantidades adsorvidas por grama de adsorvente no equilíbrio e no tempo t.

O modelo de pseudosegunda ordem pode ser expresso de acordo com a Equação 2 (HO; MCKAY, 1999).

$$\frac{dq_t}{d_t} = k_2(q_e - q_t)^2 \quad \text{(Equação 2)}$$

Em que k_2 é constante da taxa de adsorção de pseudosegunda ordem ($g.mg^{-1}.min^{-1}$).

Para avaliar qual modelo apresentou melhor ajuste, utilizou-se a avaliação estatística pelo *teste F*, expresso pela Equação 3, conforme descrito por Nascimento et al. (2014).

$$F_{Calc} = \frac{S^2_{R(A)}}{S^2_{R(B)}} \quad \text{(Equação 3)}$$

Em que $S^2_{R(A)}$ e $S^2_{R(B)}$ são as variâncias referentes aos modelos A e B para $S^2_{R(A)} > S^2_{R(B)}$. Se $F_{calc} > F_{tab}$; admite-se que o modelo B se apresenta com melhor ajuste para um nível de 95% de confiança.

3. METODOLOGIA

3.1 Caracterização do efluente têxtil

Os efluentes de entrada e de saída foram caracterizados a partir dos seguintes parâmetros: pH, turbidez, cor aparente, condutividade e Demanda Química de Oxigênio (DQO). As análises foram feitas de acordo com as metodologias estabelecidas pela American Public Health Association (APHA, 2012).

A determinação da concentração dos contaminantes têxteis a serem tratados foi realizada pelo espectrofotômetro de UV-visível, marca SpectroquantPharo 300 para avaliação da absorbância dos compostos aromáticos (254 nm) e dos picos característicos para os corantes têxteis, que neste caso foi o azul de metileno (663 nm).

3.2 Preparação do adsorvente

O adsorvente, a partir de resíduos agroindustriais de casca de limão, foi lavado com água destilada e posto para secar a 105 °C em estufa com circulação de ar forçada (Marconi MA035/1). Após secagem, o material passou por um moinho de facas (TECNAL) para obtenção de partículas menores e, por fim, peneiradas em uma peneira de 65 mesh. Em seguida, o adsorvente feito com a casca de limão foi lavado sucessivamente com água destilada para retirada da pectina contida em sua casca. Ambas as amostras foram secas em estufa a 105 °C para remoção da umidade.

3.3 Obtenção do carvão ativado

Para obtenção do carvão ativado, foi utilizada uma proporção de 1:1 (m/v) entre o adsorvente e ácido fosfórico. Com o auxílio de uma placa aquecedora, o sistema foi agitado manualmente durante 30 minutos, mantendo a temperatura em 70 °C. Em seguida, foi colocado em mufla

obedecendo a rampa de aquecimento, permanecendo por 30 min a 100 °C e 90 min a 200 °C. Além disso, o carvão foi lavado com ácido clorídrico proporção de 1:1 (m/v) e, após esse procedimento, lavado com água destilada até atingir a neutralidade. A presente metodologia foi definida em ensaios preliminares realizados no Laboratório de Engenharia de Alimentos e Ambiental (LEA) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

3.4 Ponto de carga zero

Para determinação do ponto de carga zero (pH_{pcz}) para a casca de limão, foram utilizados NaOH e HCl (grau analítico) para ajuste de pH e preparação dos ensaios. Soluções com 25 mL e 0,1 g do adsorvente com pH variando de 2 a 10 foram colocadas por 24h em agitação de 300 rpm em mesa agitadora (Marconi MA140/CF). Por fim, mediu-se o pH final das soluções para a construção do gráfico pH_{final}-$pH_{inicial}$ versus $pH_{inicial}$ e determinou-se qual o pH_{pcz} para cada material.

3.5 Estudo de massa do adsorvente

Para o estudo de massa dos adsorventes, foram utilizados volumes de 25 mL de efluente têxtil real contendo corante AM com diferentes massas de adsorvente de 0,1 g a 1 g submetidas a agitação de 150 rpm por 6 h. As amostras obtidas foram quantificadas antes e após os ensaios para Estudo de Massa em espectrofotômetro UV-visível.

3.6 Determinação da capacidade adsortiva e porcentagem de remoção

A capacidade de adsorção (Equação 4) determina a quantidade de corante adsorvida por massa de adsorvente ao longo do tempo.

$$q = \frac{C_o - C_t}{m_{ads}} \times VL \quad \text{(Equação 4)}$$

Sendo q em mg de AM por g de adsorvente; Co a concentração inicial de AM ($mg.L^{-1}$); Ct a concentração de AM ($mg.L^{-1}$) em um determinado tempo t (min); VL o volume de solução de AM utilizada no expe-

rimento (L); e m_{ads} a massa de adsorvente utilizada (g). Para obtenção da porcentagem de remoção do corante utilizou-se a Equação 5:

$$\% \, de \, remoção = \frac{C_0 - C_t}{C_0} \times 100 \quad \text{(Equação 5)}$$

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2, pode ser vista a textura da superfície da casca de limão após o tratamento de ativação, evidenciando grandes poros. Isso se dá devido ao processo de desidratação promovido pelo ácido fosfórico que promove o desenvolvimento dos poros de maneira irregular, aumentando a área de superfície e capacidade de adsorção da amostra semelhante ao descrito por Amerkhanova, Shlyapov e Uali (2017).

Figura 2. Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) da casca de limão ativado.

Fonte: Autor.

A partir da determinação do ponto de carga zero (pH_{pcz}) (Figura 3), observa-se que para pH menor que 4,35, a casca de limão apresenta carga positiva em sua superfície, enquanto que para pH maiores que 4, ela apresenta carga negativa na superfície. Como o efluente de matriz real apresentou pH igual a 6,91, e o corante azul de metileno, predominante, a ser removido é de caráter catiônico (ALI et al., 2015), esse fato favoreceu a interação entre o contaminante e o adsorvente.

Figura 3. Ponto de carga zero do adsorvente para casca de limão ativada.

Fonte: Autor.

Pelo estudo de dosagem (Figura 4), esse adsorvente apresentou, uma relação ideal massa de adsorvente por volume de efluente igual a 8 $g.L^{-1}$.

Figura 4. Estudo da dosagem para a adsorvente casca de limão ativada.

Fonte: Autor.

O comportamento cinético de adsorção para o corante azul de metileno em casca de limão ativado é apresentado na Figura 5, com ajuste de modelo pseudoprimeira ordem (Figura 5a) e pseudosegunda ordem (Figura 5b). E assim, é possível observar rápida evolução até os primeiros 50 minutos.

Figura 5. Ajuste dos dados experimentais ao modelo de pseudoprimeira (a) e pseudosegunda (b) ordem.

Fonte: Autor.

Os parâmetros para o ajuste de pseudoprimeira ordem foram k_1 igual 0,15181; q_e igual a 1,60384; regressão linear (R^2) igual a 0,99813; e a variância (Sr^2) apresentou um valor de 0,00397. Já os parâmetros para o ajuste de pseudosegunda ordem foram k_2 igual a 0,33785; q_e igual a 1,63294; regressão linear (R^2) igual a 0,99968; e a variância foi igual a $6{,}89*10^{-4}$. Além disso, a partir do teste estatístico F, obteve-se o valor de 5,76 para o F calculado.

Os ajustes dos modelos cinéticos foram utilizados para representar o sistema cinético de adsorção para adsorvente de casca de limão ativado em batelada. E diante dos resultados apresentados acima para ambos os modelos, o R^2 foi maior que 0,9, porém o modelo pseudosegunda ordem apresentou menor variância. Além disso, a partir do teste F tem-se que o F tabelado é 2,35 enquanto o F_{calc} é 5,76, ou seja, F_{calc} é maior que o F tabelado. Sendo assim, fica evidenciado que o melhor modelo para o estudo cinético foi o de pseudosegunda ordem.

O adsorvente promoveu adsorção de 96% do corante presente no efluente real em pH neutro no equilíbrio. Dutta et al.(2011) realizou estudos para remoção de azul de metileno a partir de cascas de frutas cítricas carbonizadas e obteve, para pH 7, percentuais entre 87% a 90% de remoção do corante.

O efluente têxtil real foi caracterizado antes e após a adsorção a fim de conferir a efetividade do tratamento. O efluente utilizado nos ensaios apresentou características próximas da neutralidade, pH igual a 6,91 e, após o tratamento, 7,11.

A DQO foi quantificada antes do tratamento foi de 1475 $mg.L^{-1}$ de O_2, mas após foi quantificado 740 $mg.L^{-1}$ de O_2. Sendo assim, o efluente tratado apresentou remoção de 51%. Nesse caso, a redução da DQO indica que o adsorvente possui capacidade para remover os compostos orgânicos presentes no efluente estudado, conforme descrito por Klauck et al.(2017).

A cor aparente do efluente, apresentou inicialmente um valor de 600 hz e, após o tratamento, obteve-se valor de 191 hz; assim, verificou-se a eficiência do processo na remoção de cor, pois houve uma redução de 68% na cor aparente apresentada pelo efluente. Houve também redução da turbidez. Observa-se, desse modo, a eficiência do processo de tratamento utilizado na remoção do corante azul de metileno do efluente real, além de uma melhora geral nos parâmetros de qualidade de água.

5. CONCLUSÕES

O adsorvente casca de limão ativado utilizado neste trabalho é uma alternativa viável para remoção do corante azul de metileno, visto que o percentual de remoção do corante foi de 96% em efluente real de indústria têxtil. Além disso, a casca de limão é um resíduo agroindustrial barato e de grande disponibilidade e, através das análises, apresentou um bom potencial como adsorvente.

O processo adsortivo, foi eficiente para o tratamento do efluente têxtil e apresentou uma evolução na cinética, logo nos primeiros 50 minutos. Isso é confirmado diante da caracterização do efluente antes e após do tratamento, que apresentou percentual de redução em todos os parâmetros estudados.

REFERÊNCIAS

AHMAD, M.A., RAHMAN, N.K. Equilibrium, kinetics and thermodynamic of Remazol Brilliant Orange 3R dye adsorption on coffee husk-based activated carbon. **Journal Chemical Engineering** 170 (2011), pp. 154-161.

ALCOCER, S.; PICOS, A.; URIBE, A. R.; PÉREZ, T.; PERALTA-HERNÁNDEZ, J. M. Comparative study for degradation of industrial dyes by electrochemical advanced oxidation processes with BDD anode in a laboratory stirred tank reactor. **Chemosphere**, v. 205, p. 682–689, 2018.

ALI, I., ALOTHMAN, Z.A., SANAGI, M.M. Green synthesis of iron nano-impregnated adsorbent for fast removal of fluoride from water. **Journal of Molecular Liquids** 211, 457e465, 2015.

ALI, I., ALOTHMAN, Z.A., ALHARBI, O.M.L. Uptake of pantoprazole drug residue from water using novel synthesized composite iron nanoadsorbent**. Journal of Molecular Liquids.** 218, 465e472, 2016.

AMEL, K; HASSENA, M.A; KERROUM, D. Isotherm and Kinetics Study of Biosorption of Cationic Dye onto Banana Peel.Energy**Procedia.**19 286 – 295, 2012.

AMERKHANOVA, S.; SHLYAPOV, R.; UALI, A. The active carbons modified by industrial wastes in process of sorption concentration of toxic organic compounds and heavy metals ions. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, v. 532, n. March, p. 36–40, 2017.

AMIN, N.K. Removal of direct blue-106 dye from aqueous solution using new activated carbons developed from pomegranate peel: Adsorption equilibrium and kinetics. **Journal of Hazardous Materials** 165 52–62, 2009.

ANFAR, Z.; HAOUTI, R. E.; LHANAFI, S.; BENAFQIR, M.; AZOUHARH, Y.; ALEM, N. E. Treated digested residue during anaerobic co-digestion of Agri-food organic waste: Methylene blue adsorption, mechanism and CCD-RSM design. **Journal of Environmental Chemical Engineering.** v. 5, p. 5857 – 5867, 2017.

ANGIN, D. Utilization of activated carbon produced from fruit juice industry solid waste for the adsorption of Yellow 18 from aqueous solutions**.Bioresource Technology**, v.168, p.259- 266, 2014.

ASADULLAH, M.; ASADUZZAMAN, M.; KABIR, M. S.; MOSTOFA, M. G.; MIYAZAWA, T**.; J**.Chemical and structural evaluation of activated carbon prepared from jute sticks for Brilliant Green dye removal from aqueous solution.**Journal Hazard Mater.** 174, 437, 2010.

APHA. Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water. 22nd Edition, American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. 2012.

BANERJEE, D.; SARKAR, U.; ROY, D. Multicomponent adsorption of chlorhexidine gluconate in presence of a cationic surfactant: Role of electrostatic interactions and surface complexation. Great Britain: Elsevier Science Ltd. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, 1, p. 241-251, 2013;

BHATTI, H.N., SADAF, S., ALEEM, A. Treatment of textile effluents by low cost agricultural wastes: batch biosorption study**. Journalof Animal &PlantSciences** 25, 284e289, 2015.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução n° 430, de 13 de maio de 2011**. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), Brasília, DF, 2011.

CASTAÑEDA-DÍAZ J, PAVÓN-SILVA T, GUTIÉRREZ-SEGURA E, COLÍN-CRUZ A. Electrocoagulation-Adsorptionto Remove Anionic and Cationic Dyes from Aqueous Solution by PV-Energy. **Journal of Chemistry**, v.2017, p. 1-14, 2017.

CASTRO, C. S.; GUERREIRO, M. C.; OLIVEIRA, L. C. A.; GONÇALVES,M. Remoção de compostos orgânicos em água empregando carvão ativado impregnado com óxido de ferro: ação combinada de adsorção e oxidação em presença de H2O2. **Química Nova**, v. 32, p. 1561-1565, 2009.

DALLAGO, R. M.; SMANIOTTO, A.; OLIVEIRA, L. C. A. Resíduos sólidos de curtumes como adsorventes para a remoção de corantes em meio aquoso. **Química Nova**, v.28, n.3, 433-437, 2005.

DEHGHANI, M.H., SANAEI, D., ALI, I., BHATNAGAR, A. Removal of chromium (VI) from aqueous solution using treated waste newspaper as a low-cost adsorbent: kinetic modeling and isotherm studies. **Journal of Molecular Liquids,** 215, 671e679, 2016.

DO, D. D. Adsorption analysis: equilibria and Kinetics. **London: Imperial College Press**, 1998.

DUTTA, S.; BHATTACHARYYA, A.; GANGULY, A.; GUPTA, S.; BASU, S. Application of Response Surface Methodology for preparation of low-cost adsorbent from citrus fruit peel and for removal of Methylene Blue. **Desalination**, v. 275, n. 1–3, p. 26–36, 2011.

FERNANDES, A. C. P.; CUNHA, D. V.; CRAVEIRO, I. P. C. et al. ADSORÇÃO DE EFLUENTES TEXTEIS: **tratamento de efluentes da industria têxtil por adsorção em materiais de baixo custo**. Relatório de projeto. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2010.

HISAINDEE, S.; MEETANI, M. A.; RAUF, M. A. Application of LC-MS to the analysis of advanced oxidation process (AOP) degradation of dye products and reaction mechanisms. **TrAC - Trends in Analytical Chemistry**, v. 49, p. 31–44, 2013.

HO, Y. S.; MCKAY, G. A kinetic study of dye sorption by biosorbent waste product pith. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 25, p. 171-193, 1 mar. 1999

HOLKAR, C. R.; JADHAV, A. J.; PINJARI, D. V.; MAHAMUNI, N. M.; PANDIT, A. B. A critical review on textile wastewater treatments: Possible approaches. **Journal of Environmental Management**, v. 182, p. 351–366, 2016.

KAUR, R.; DUHAN, M.; Polyaniline as an Inceptive Dye Adsorbent from Effluent**.** Department of **Polymer Science and Chemical Technology**, Delhi TechnologicalUniversity. p. 52, India, 2017.

KLAUCK, C. R.; GIACOBBO, A.; ALTENHOFEN, C. G.; SILVA, L. B.; MENEGUZZI, A.; BERNARDES, A. M.; RODRIGUES, M. A. S. Toxicity elimination of landfill leachate by hybrid processing of advanced oxidation process and adsorption. **Environmental Technology and Innovation**, v. 8, p. 246–255, 2017.

LAGERGREN, S. Zurtheorie der sogenannten adsorption gelõsterstoffe, KungligaSvenskaVetenskapsakademiens**. Handlingar**, v. 24, p. 1-39, 1898.

LI, Y.; LI, L.; CHEN, Z. X.; et al. Carbonate-activated hydrogen peroxide oxidation process for azo dye decolorization: Process, kinetics, and mechanisms. **Chemosphere**, v. 192, p. 372–378, 2018.

LIMA, A.; GRACETTO, A.; BIONDO, C. E. G.; BATISTELA, V.; HIOKA, N.; SEVERINO, D.; MACHADO, A. E. H.; RODRIGUES, M. R.; OLIVEIRA, H. P. M. Efeito do Solvente Sobre as Propriedades Espectroscópicas do Azul de Metileno. **XI ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E VII ENCONTRO LATINO AMERICANO DE PÓS-GRADUAÇÃO – UNIVERSIDADE DO VALE DO PARAÍBA,** 2007, São José dos Campos, São Paulo, 2007

MARTINS, G. B. H. **Práticas Limpas Aplicadas às Indústrias Têxteis de Santa Catarina. Dissertação** (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis: UFSC, 1997.

NASCIMENTO, R. F.; LIMA, ARI C. A.; VIDAL, CARLA B.; MELO, DIEGO Q.; RAULINO, GISELLE S. C. **Adsorção:** aspectos teóricos e aplicações ambientais. 1 ed, Fortaleza:UFC. 255p, 2014.

NETHAJI, S.; SIVASAMY, A. Adsorptive removal of an acid dye dylignocellulosic waste biomass activated carbon: Equilibrium and kinetic studies. Great Britain: Elsevier Science Ltd. **Chemosphere,** 82, p. 1367-1372, 2011.

NJOKU, V.O.; FOO, K.Y.; ASIF, M.; HAMEED, B.H.. Preparation of activated carbons from rambutan (Nepheliumlappaceum) peel by microwave-induced KOH activation for acid yellow 17 dye adsorption. **Chemical Engineering Journal** 250 198–204, 2014.

ONG, L. K.; SOETAREDJO, F. E.; KURNIAWAN, A.; AYUCITRA, A.; LIU, J. C.; ISMADJI, S. Investigation on the montmorillonite adsorption of biocidal compounds incorporating thermodynamical-based multicomponent adsorption isotherm. Great Britain: Elsevier Science Ltd. **Chemical Engineering Journal**, 241, p. 9-18, 2014.

PLAZINSKI, W. Binding of heavy metals by algal biosorbents. Theoretical models of kinetics, equilibria and thermodynamics. Great Britain: Elsevier Science Ltd. **Advances in Colloid and Interface Science.** 197-198, p. 56-67, 2013.

ROCHA, O.R.S., NASCIMENTO, G.E., CAMPOS, N.F., SILVA, V.L., DUARTE, M.M.M.B. Avaliação do processo adsortivo utilizando mesocarpo de coco verde para remoção do corante cinza reativo bf-2r. **Química Nova**, Vol. 35, No. 7, 1369-1374, 2012

SANDOVAL, A.; HERNÁNDEZ-VENTURA, C.; KLIMOVA, T. E. Titanate nanotubes for removal of methylene blue dye by combined adsorption and photocatalysis. **Fuel.** v. 198, p. 22–30, 2017.

SOTO, M.L.; MOURE, A.; DOMINGUEZ, H.; PARAJÓ, J.C. Recovery, concentration and purification of phenolic compounds by adsorption-A review**. Journal of Food Engineering**, v.105, p.1–27, 2011.

TAYLOR, P.; RAMANA, D. K. V.; MIN, K. Activated carbon produced from pigeon peas hulls waste as a low-cost agro-waste adsorbent for Cu (II) and Cd (II) removal. **Desalination and Water Treatment**, n. May, p. 37–41, 2015.

Livro produzido em formato digital,
composto com a tipografias Palatino Lynotype
para texto e Big Noodle para títulos.