

ELÓI MARTINS SENHORAS
(organizador)

RESÍDUOS SÓLIDOS

Ensaio Jurídico-Político-Econômicos



RESÍDUOS SÓLIDOS

Ensaio Jurídico-Político-Econômico

RESÍDUOS SÓLIDOS

Ensaio Jurídico-Político-Econômicos

Elói Martins Senhoras
(organizador)



BOA VISTA/RR
2022

Editora IOLE

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei n. 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.



EXPEDIENTE

Revisão

Elói Martins Senhoras
Maria Sharlyany Marques Ramos

Capa

Alokike Gael Chloe Hounkonnou
Elói Martins Senhoras

Projeto Gráfico e

Diagramação

Elói Martins Senhoras
Paulo Henrique Rodrigues da Costa

Conselho Editorial

Abigail Pascoal dos Santos
Charles Pennaforte
Claudete de Castro Silva Vitte
Elói Martins Senhoras
Fabiano de Araújo Moreira
Julio Burdman
Marcos Antônio Fávaro Martins
Rozane Pereira Ignácio
Patrícia Nasser de Carvalho
Simone Rodrigues Batista Mendes
Vitor Stuart Gabriel de Pieri

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO-NA-PUBLICAÇÃO (CIP)

Se27 SENHORAS, Elói Martins (organizador).

Resíduos Sólidos: Ensaios Jurídico-Político-Econômicos. Boa Vista: Editora IOLE, 2022, 277 p.

Série: Ciências Ambientais. Editor: Elói Martins Senhoras.

ISBN: 978-65-998357-6-6
<https://doi.org/10.5281/zenodo.7217005>

1 - Brasil. 2 - Ciências Ambientais. 3 - Resíduos Sólidos. 4 - Sustentabilidade.
I - Título. II - Senhoras, Elói Martins. III - Ciências Ambientais. IV - Série

CDD-333.72

A exatidão das informações, conceitos e opiniões é de exclusiva responsabilidade dos autores.



EDITORIAL

A editora IOLE tem o objetivo de divulgar a produção de trabalhos intelectuais que tenham qualidade e relevância social, científica ou didática em distintas áreas do conhecimento e direcionadas para um amplo público de leitores com diferentes interesses.

As publicações da editora IOLE têm o intuito de trazerem contribuições para o avanço da reflexão e da *práxis* em diferentes áreas do pensamento e para a consolidação de uma comunidade de autores comprometida com a pluralidade do pensamento e com uma crescente institucionalização dos debates.

O conteúdo produzido e divulgado neste livro é de inteira responsabilidade dos autores em termos de forma, correção e confiabilidade, não representando discurso oficial da editora IOLE, a qual é responsável exclusivamente pela editoração, publicação e divulgação da obra.

Concebido para ser um material com alta capilarização para seu potencial público leitor, o presente livro da editora IOLE é publicado nos formatos impresso e eletrônico a fim de propiciar a democratização do conhecimento por meio do livre acesso e divulgação das obras.

Prof. Dr. Elói Martins Senhoras

(Editor Chefe)



SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	09
CAPÍTULO 1	
Direito dos Resíduos: Entre a Teoria e a Prática da Pesquisa	13
CAPÍTULO 2	
A Importância da Política Nacional de Resíduos Sólidos para o Desenvolvimento Sustentável	33
CAPÍTULO 3	
Os Desafios Enfrentados pela PNRS devido à Geração Atual de Resíduos Sólidos	55
CAPÍTULO 4	
Primeira Década de Implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos no Brasil: Avaliação Crítica e Holística	83

SUMÁRIO

CAPÍTULO 5	
Melhorias ao Processo de Logística Reversa à Luz da PNRS: Estudo de Caso em uma Cooperativa de Catadores	115
CAPÍTULO 6	
Utilização de Resíduos Sólidos da Extração de Óleo Vegetal para Obtenção de Lipases Fúngicas Via Fermentação no Estado Sólido	143
CAPÍTULO 7	
Resíduos Sólidos Industriais: Compósito com Resíduos de Plástico Reforçado com Fibra de Vidro	179
CAPÍTULO 8	
Resíduos de Azeite de Dendê Frito: Baianas (os) de Acarajé e a Economia Circular	207
CAPÍTULO 9	
Gestão Estratégica e Sustentabilidade na Engenharia Mecânica: O Reaproveitamento de Resíduos em Oficinas em Caraúbas (RN)	241
SOBRE OS AUTORES	265

INTRODUÇÃO

INTRODUÇÃO

O gerenciamento dos resíduos sólidos tornou-se em uma agenda de crescente relevância nos círculos acadêmicos e de *policymaking* desde a II Guerra Mundial em função da difusão de discussões sobre os impactos ambientais de uma sociedade de massa urbano-industrial e quais ações privadas e políticas públicas poderiam ser construídas para redimir aos problemas emergentes.

Não é por acaso que a justificativa para o desenvolvimento da presente obra acontece em função da ampla relevância empírica da temática de resíduos sólidos em uma sociedade capitalista de massa, a despeito de existirem limitados avanços empíricos no contexto brasileiro, mesmo após o surgimento da Política Nacional de Resíduos Sólidos no país em 2010.

Organizado em nove capítulos, este livro foi intitulado como “Resíduos Sólidos: Ensaio Jurídico-Político-Econômico” por justamente alicerçar suas discussões em um tripé analítico, permitindo analisar desde a macro agenda normativa da Política Nacional de Resíduos Sólidos até se chegar a micro análise empírica de estudos de caso no Brasil.

Os resultados apresentados nesta obra somente foram possíveis em função do trabalho colaborativo desenvolvido por um seleto grupo de pesquisadores brasileiros oriundos das macrorregiões Norte, Nordeste, Sul e Sudeste do país, permitindo assim o compartilhamento de experiências empíricas em distintos estados brasileiros.

A proposta implícita nesta obra coletiva possui uma natureza exploratória, descritiva e explicativa quanto aos fins e uma abordagem de estudos qualitativos e quantitativos, tendo no paradigma eclético e na multidisciplinaridade os fundamentos para

a valorização de uma pluralidade teórico-conceitual e para o uso de distintos procedimentos metodológicos, tanto de levantamento, quanto de análise de dados sobre a realidade dos estudos de caso.

O perfil diversificado dos vinte e seis profissionais envolvidos nesta obra demonstra um rico debate multidisciplinar engendrado por pesquisadoras e pesquisadores com distintas formações acadêmicas e *expertises* profissionais, permitindo assim uma visão panorâmica dos estudos sobre resíduos sólidos com base em leituras de *hard* e *soft Sciences*.

Recomendada para um conjunto diversificado de leitores, esta obra apresenta o discurso ideal sobre cadeia dos resíduos *vis-à-vis* à realidade empírica com escassos estudos de caso de positiva implementação de gestão, por meio de capítulos redigidos por meio de uma didática e fluida linguagem, atraente, tanto para um público leigo não afeito a tecnicismos, quanto para um público especializado de acadêmicos.

Excelente leitura!

Prof. Dr. Elói Martins Senhoras
(organizador)

CAPÍTULO 1

*Direito dos Resíduos:
Entre a Teoria e a Prática da Pesquisa*

DIREITO DOS RESÍDUOS: ENTRE A TEORIA E A PRÁTICA DA PESQUISA

Ana Luíza Felix Severo

Patrícia Borba Vilar Guimarães

Direito e resíduos sólidos são duas áreas de estudo que se conectam a partir do momento em que se tem necessidade de gerir o descarte produzido pela população de forma ambientalmente correta, de modo que o ciclo de vida dos produtos aumente e, assim, reduza o consumo de bens naturais para itens que podem ser gerados a partir da reciclagem e do reaproveitamento.

Antes da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), o que se tinha em âmbito legal eram leis que tratavam da obrigatoriedade a partir do momento em que passa a retirar das ruas os resíduos e rejeitos sólidos e líquidos que porventura estivessem contaminados ou não.

Apesar disso, a lógica era de afastar os resíduos dos grandes centros, pois permaneciam nas áreas populares e o depósito era feito por meio de lixões com pessoas residindo próximo a eles e ainda exercendo a queima dos resíduos para reduzir a montanha de lixo¹. E, por mais que afastasse o lixo dos centros urbanos, contaminava o solo, lençóis freáticos, ar e não garantia saúde plena e segurança biológica a todas as pessoas.

Ainda que o Conselho Nacional do Meio Ambiente tivesse Resoluções que contemplasse a gestão de resíduos sólidos de forma específica, não se pode falar em Direito propriamente dito, haja vista

¹ Entende-se por lixo os resíduos e rejeitos misturados de forma que é impossível que haja a separação deles.

que se trata de recomendação e não obrigatoriedade por parte da União, Estados e Municípios. No entanto, não se descarta a importância do Conama em criar as resoluções, visto que se tratava de resultado de um grupo de estudo, o que talvez incluía pesquisador da área do Direito com interesse específico em resíduos sólidos.

Por causa disso, é que se tem como marco legal a PNRS, que entrou em vigor em 2010. É a partir desse período que se começam a judicializar casos com base na PNRS e a tornar a área de pesquisa Direito e resíduos sólidos em um potencial campo de estudo a fim de trazer soluções que impactem positivamente a vida da sociedade. Isto é, é a partir de 2010 que se pode dizer que há um instituto jurídico de resíduos sólidos no Brasil com regulamentação por lei específica.

Até o ano de 2010, as pesquisas em Direito e resíduos sólidos abrangiam a necessidade da PNRS, a expectativa para o seu cumprimento legal por parte da Administração Pública, pessoas físicas e todas as entidades, bem como a mudança que a sociedade deveria passar em reduzir o consumo, reaproveitar o que for possível e só depois reciclar. Ou seja, os próprios instrumentos e objetivos trazidos pela lei.

A partir do ano de 2010 e até os seus primeiros quatro anos, a expectativa gerava muito com o fim dos lixões, poucas cidades – mais as capitais – se propuseram a implantar a coleta seletiva de resíduos recicláveis, algumas até com vista ao repasse que seria perdido, garantindo assim uma coleta formal, mas que efetivamente não gerava impacto aos catadores e nem à sociedade (SEVERO, 2020).

Usando um termo popular, o verdadeiro banho de água fria veio com a prorrogação da PNRS para que os municípios tivessem mais tempo para implantar a gestão ambientalmente correta dos resíduos e também a coleta seletiva de resíduos recicláveis, pois a

PNRS não visa só a criação de aterro sanitário, ao contrário, isto é estabelecido especificamente e bem anterior na Lei de Saneamento Básico, que também foi prorrogada por vários anos.

A decepção entre pesquisadores ocorre por saber que a PNRS pode incorrer na mesma morosidade do cumprimento legal por parte da Administração Pública da Lei de Saneamento Básico.

ENTRE A TEORIA E A PRÁTICA DA PESQUISA

Durante a pesquisa do mestrado, foi possível me deparar com o seguinte questionamento: Por que há pouco material na área do Direito sobre resíduos sólidos? Essa reflexão surgiu ao compilar material teórico específico do Direito que trouxesse o instituto jurídico dos resíduos sólidos.

O intuito foi saber como estavam sendo formados os novos estudantes e possíveis pesquisadores do Direito, na área de Direito ambiental. Será que tinham oportunidade de conhecer sobre o instituto dos resíduos sólidos na graduação ou tinham que fazer um esforço individual para ter a sorte (ou azar) de se deparar com essa temática que é pouco abordada na área em questão?

Severo (2020), realizou uma pesquisa bibliográfica na Biblioteca Central Zila Mamede (BCZM), no *Campus I* da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), a metodologia usada por ela foi a de catalogação dos livros disponíveis no setor de Direito, especificamente na estante da temática de Direito Ambiental para saber quais materiais abordavam o instituto jurídico dos resíduos sólidos.

O registro se iniciou em abril de 2017 e foi concluído em novembro de 2017 com análise do sumário e leitura específica do capítulo que tivesse como título ou subtítulo resíduos sólidos.

Dessa forma, todos os livros da estante foram verificados, pois o sistema da biblioteca não permite empréstimo de 100% do mesmo título, isto é, sempre tem um cativo. Porém, absteve-se dos livros guardados de forma errada ou que porventura tenha sido recolhido pela bibliotecária para fins administrativos.

O critério de exclusão escolhido por Severo (2020), foi dos livros de temática única, por exemplo: Direito de águas, Direito dos animais, entre outros. O critério de inclusão foi o de inserir todos que não atendessem o de exclusão.

A pesquisa de Severo (2020, p. 157), teve como justificativa a:

Necessidade de debater um tema presente no dia a dia de todas as pessoas e não somente dos catadores. Posto que, individualmente, todas as pessoas consomem e produzem resíduos e, de acordo com pesquisas recentes, ultrapassam a marca de 1 kg de resíduos por pessoa diariamente.

Ademais, o assunto é mais abordado no capítulo sobre poluição do que como um tema independente, como se o resíduo fosse poluição, mas ele só passa a ser quando gerido de forma ambientalmente incorreta.

Outrossim, o hiato na disseminação de conteúdo sobre a PNRS na área do Direito reverbera a formação de que a educação ambiental pertence ao ecologismo, pensamento este que deve ser reduzido e substituído pelo novo paradigma da complexidade ambiental (SEVERO, 2020, p. 157).

Importa informar estudantes do Direito sobre o instituto jurídico dos resíduos sólidos para que tenham oportunidade de conhecer a área, além das tradicionais, bem como promover, por meio da interpretação jurídica, propostas para melhoria das leis.

Não se quer aqui limitar pesquisadores de outras grandes áreas que também trabalham e se atentam ao assunto resíduos sólidos, muito pelo contrário, o que se quer é abranger a quantidade de pesquisadores nessa temática, principalmente onde há escassez, que é na área do Direito.

A seguir, o Quadro 1 foi adaptado de Severo (2020), para trazer os principais títulos encontrados por ela e a percepção da pesquisadora diante do assunto resíduos sólidos abordados ou não nos títulos. O quadro tem divisão por ano, o que dá para imaginar nesses primeiros anos o andamento da discussão teórica, com formação de grupo de trabalho e os primeiros projetos de lei sobre o assunto.

Quadro 1- Títulos de Direito Ambiental

Autoria	Título	Percepção da pesquisadora após análise do conteúdo
1992		
ANTUNES, P. B.	Curso de Direito Ambiental: doutrina, legislação e jurisprudência	Não aborda o assunto sobre resíduos sólidos
1998		
ANTUNES, P. B.	Direito Ambiental	Não aborda o assunto sobre resíduos sólidos
VARELA, M. D. BORGES, R. C. B. (orgs.).	O novo em Direito Ambiental	Não aborda o assunto sobre resíduos sólidos
1999		
REBELLO FILHO, W.; BERNARDO, C.	Guia prático de Direito Ambiental	Não aborda o assunto sobre resíduos sólidos. Entretanto, traz em um capítulo a

		importância da separação do <i>lixo</i> como uma das ações para proteger o meio ambiente
2002		
RODRIGUES, M. A.	Instituições de Direito Ambiental	Não aborda o assunto sobre resíduos sólidos
2003		
SILVA, J. A.	Direito Ambiental constitucional	O autor traz o assunto sobre resíduos sólidos dentro do capítulo sobre <i>fontes de poluição</i>
2004		
LEITE, J. R. M.; BELLO FILHO, N. B. (orgs.).	Direito Ambiental contemporâneo	O livro não contém artigo sobre os resíduos sólidos
2005		
MARQUES, J. R.	Meio ambiente urbano	Traz o assunto de resíduos sólidos dentro do capítulo sobre poluição
MILARÉ, E.	Direito do ambiente: doutrina, jurisprudência, glossário	Traz o assunto de resíduos sólidos dentro do capítulo sobre poluição
RIOS, V. V. (org).	O Direito e o desenvolvimento sustentável: curso de Direito Ambiental	Trata-se de uma coletânea, a qual traz um artigo de Carlos Teodoro Hugueneu Irigaray cujo conteúdo versa sobre a poluição e, neste, cita o assunto dos resíduos sólidos
2006		
ANTUNES, P. de B.	Direito Ambiental	Não aborda o assunto sobre resíduos sólidos
BARRAL, W.; PIMENTEL, L. O. (orgs.).	Direito Ambiental e desenvolvimento	O livro não contém artigo sobre os resíduos sólidos
SPAREMBERGER, R. F. L.; PAVIANI, J. (orgs.).	Direito Ambiental: um olhar para a cidadania e sustentabilidade planetária	Contém um artigo sobre resíduos sólidos como um processo de mudança comportamental da população cuja autoria é de Suzana Maria De Conto
2007		
MORAES, R.; BENATTI, J. H.; MAVÉS, A. M. (orgs)	Direito Ambiental e políticas públicas na Amazônia	O livro é uma coletânea e traz um trabalho que aborda resíduos sólidos na realidade da cidade de Belém (Pará), de

		Regeane Andreza Araújo de Brito Nobre
SILVA, J. A.	Direito Ambiental constitucional	O autor traz o assunto sobre resíduos sólidos dentro do capítulo sobre <i>fontes de poluição</i>
2008		
CANOTILHO, J. J. G.; LEITE, J. R. M. (orgs.).	Direito constitucional Ambiental brasileiro	É uma coletânea e não aborda o assunto sobre resíduos sólidos
FENSTERSEIFER, T.	Direitos fundamentais e proteção do ambiente: a dimensão ecológica da dignidade humana no marco jurídico constitucional do Estado Socioambiental de Direito	Não aborda o assunto sobre resíduos sólidos
LEMOS, P. F. I.	Direito Ambiental: responsabilidade civil e proteção ao meio ambiente	Não aborda o assunto sobre resíduos sólidos
MACHADO, P. A. L.	Direito Ambiental brasileiro	Trata dos resíduos sólidos dentro do capítulo sobre poluição
MOTA, M. (coord.).	Fundamentos teóricos do Direito Ambiental	É uma coletânea e não traz nenhum capítulo sobre resíduos sólidos
REIS, J. T.	Resumo de Direito Ambiental	Não aborda o assunto sobre resíduos sólidos
2009		
ALMEIDA, J. R.	Perícia ambiental, judicial e securitária: impacto, dano e passivo ambiental	Aborda o assunto resíduos sólidos como as possíveis formas de destinação e tratamento, reciclagem e a Norma Brasileira (NBR)
BELTRÃO, A. F. G.	Curso de Direito Ambiental	Aborda o assunto sobre resíduos sólidos dentro do capítulo sobre poluição. O autor traz o debate acerca do lixão, aterro e outras formas de destinação
CARVALHO, A. C. L.; SANTANA, J. L.	Direito Ambiental brasileiro em perspectiva: aspectos legais, críticas e atuação prática	Não aborda o assunto sobre resíduos sólidos
GRANZIERA, M. L. M.	Direito Ambiental	Não aborda o assunto sobre resíduos sólidos
MILARÉ, E.	Direito do ambiente: a gestão ambiental em foco –	Traz o assunto de resíduos sólidos dentro do capítulo sobre poluição. Aborda

	doutrina, jurisprudência e glossário	especificamente os resíduos perigosos
OLIVEIRA, F. M. G.	Difusos e coletivos: Direito Ambiental	Não aborda o assunto sobre resíduos sólidos. No entanto, mostra a necessidade dada pela Política Nacional do Meio Ambiente de se ter um cadastro técnico Federal de atividades potencialmente poluidoras
PES, J. H. F.; OLIVEIRA, R. S. (coords.).	Direito Ambiental contemporâneo: prevenção e precaução	É uma coletânea e não traz nenhum capítulo sobre resíduos sólidos.
SANTANA, H. J.	Direito ambiental pós-moderno	Apesar do título ser bem genérico o objetivo do autor foi abordar o direito animal abolicionista. Portanto, não traz conteúdo sobre resíduos sólidos.
2010		
SILVA, S. T. (org.); BRANT, L. N. C. (coord.).	O Direito Ambiental internacional	É uma coletânea e não aborda o assunto sobre resíduos sólidos
FARIAS, T.; COUTINHO, F. S. N. C. (orgs.).	Direito Ambiental: o meio ambiente e os desafios da contemporaneidade	O livro é uma coletânea o qual traz um artigo de Natascha Trennepohl sobre a gestão de resíduos sólidos, as formas de tratamento, os tipos de resíduos sólidos e a regulação brasileira
WEYERMÜLLER, A. R.	Direito Ambiental e aquecimento global	Não aborda o assunto sobre resíduos sólidos
2011		
AMADO, F. A. D. T.	Sinopse de Direito Ambiental	Não aborda o assunto sobre resíduos sólidos
AMADO, F.	Direito Ambiental esquematizado	É um livro dedicado a concursos e outras provas e possui um capítulo sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos
BELTRÃO, A. F. G.	Direito Ambiental	É um livro dedicado à concursos públicos e não aborda o assunto sobre resíduos sólidos
CANOTILHO, J. J. G.; LEITE, J. R. M. (orgs.).	Direito Constitucional Ambiental Brasileiro	É uma coletânea e não aborda o assunto sobre resíduos sólidos
FURLAM, A.; FACALOSSO, W.	Elementos de Direito Ambiental: noções básicas, jurisprudência e questões de	É um livro resumido para concurso público e traz a Política Nacional de Resíduos Sólidos dentro do capítulo

	concursos públicos	sobre poluição
LEITE, J. R. M.; PILLATI, L. C.; DANTAS, M. B. (orgs.);	Direito Ambiental simplificado	É um livro dedicado a concurso público e outras provas e não aborda o assunto sobre resíduos sólidos
SILVA, R. F. T.	Manual de Direito Ambiental	Não aborda o assunto sobre resíduos sólidos
2012		
FIORILLO, C. A. P.	Curso de Direito Ambiental brasileiro	O autor traz o assunto resíduos sólidos dentro do capítulo sobre poluição e trata lixo e resíduos como sinônimos
GOMES, L. F.; OLIVEIRA, F. M. G.; TÁVORA, N.	Direito Ambiental - Coleção OAB	É uma coleção específica para o exame de Ordem. Não aborda sobre o tema dos resíduos sólidos
2013		
FIGUEIREDO, G. J. P.	Curso de Direito Ambiental	O livro traz um capítulo sobre resíduos sólidos, apresenta a classificação e alguns princípios da Política Nacional de Resíduos Sólidos
SERRANO, T. M. P. D.; ZANELLA, T. V.; GOMES, C. A.	Por uma nova ordem ambiental internacional: celebrando os 40 anos da Declaração de Estocolmo	É uma coletânea e traz um artigo, de autoria de Guilherme Novaes de Andrade, o qual aborda o assunto sobre resíduos sólidos dentro da Política Nacional de Resíduos Sólidos
VERÁS NETO, F. Q.; SARAIVA, B. C. (orgs.).	Temas atuais de Direito Ambiental e ecologia política e direitos humanos	É uma coletânea elaborada pelo grupo de pesquisa transdisciplinar em Pesquisa Jurídica para a Sustentabilidade (GTJUS), porém não aborda em nenhum dos artigos os resíduos sólidos
2014		
AMADO, F.	Direito Ambiental esquemático	É um livro dedicado a concursos e outras provas e possui um capítulo sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos.
2017		
CASELLA, P. B.; VASCONCELOS, R. C.; XAVIER JUNIOR, E. C. (orgs.).	Direito Ambiental: o legado de Geraldo Eulálio do Nascimento e Silva	Trata dos resíduos como poluição em um capítulo específico, mas não aborda sobre os resíduos sólidos urbanos

Fonte: Elaboração própria. Baseada em: SEVERO (2020).

O Quadro 1 mostra que o acervo inicia no ano de 1992, as discussões aconteciam no âmbito do legislativo, mas não acontecia em âmbito teórico. Diferentemente o que a gente observa com outras temáticas do Direito Ambiental.

O destaque na cor amarela mostra que os autores trouxeram em seus livros o assunto resíduo sólido dentro do capítulo sobre poluição, são autores considerados pesquisadores renomados dentro do Direito Ambiental.

Enquanto que, na cor rosa despontam novos pesquisadores que trouxeram a temática tratando o tema como instituto jurídico. Ressalva-se o livro de Frederico Amado que, em que pese ser um livro destinado aos concurseiros, traz a abordagem adequada do instituto jurídico dos resíduos sólidos.

É exatamente fazendo a leitura da pesquisa realizada por Severo (2020) que se percebe a necessidade de se levar aos bancos da graduação temáticas novas, pois serão esses futuros pesquisadores que trarão assuntos ainda pouco abordados de forma centrada.

Ao observar o ano de 1999 no Quadro 1, é possível ler que o assunto sobre a importância de separar o lixo foi o pontapé para iniciar o assunto que no futuro seria denominado de descarte adequado dos resíduos e responsabilidade dos consumidor final em realizar a separação para fomentar a coleta seletiva dos resíduos recicláveis. Segundo Severo (2020, p. 167).

A discussão sobre a Política de Resíduos Sólidos já era ampla, inclusive alguns estados brasileiros passaram a legislar sobre o assunto antes mesmo da Legislação Nacional, que veio regulamentar o assunto somente em 2010.

Mas precisavam de uma lei nacional. Assim, dentre as bibliografias disponibilizadas na BCZM, o que se percebe é o retrocesso na abordagem do tema, que só veio a ser tratado em 2003 e dentro do conteúdo de poluição. Somente em 2006 é que os assuntos resíduos sólidos passa a ser tratado como instituto jurídico.

Quando se faz a análise quantitativa do Quadro 1, o que se observa é que 27 títulos não trazem o conteúdo sobre resíduos sólidos, enquanto que 11 trazem dentro do assunto de poluição ou tratando como lixo.

E 8 títulos abordam o instituto dos resíduos sólidos. Por causa desse achado, Severo (2020, p. 167), não analisou mais o conteúdo de forma qualitativa de forma crítico-reflexiva. “Então, mesmo quando o autor fez breve análise positivista da lei federal, contabilizou-se como ponto positivo para análise desse dado”.

A autora fez a ressalva que não é a abordagem adequada até porque tem que se mudar o paradigma de que a lei por si só é conteúdo jurídico, devem ser feitas discussões que fazem parte de um dos assuntos e problemática da sociedade contemporânea.

Nesse íterim, resíduos sólidos não podem mais ser tratados com o termo lixo e nem dentro do assunto sobre poluição, pois a partir do momento que polui, deixa de ser um resíduo reciclável gerador de renda e passar a ser um passivo social, das entidades e da Administração Pública. Não importa se o manual vai aumentar de tamanho, o pesquisador deve ter sempre a responsabilidade de informar corretamente os leitores, principalmente, quando esses serão os futuros profissionais da área jurídica.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para fins de considerações finais deste esboço da pesquisa bibliográfica de Severo (2020), o que se pode obter é a necessidade

de novos estudos para aumentar a visibilidade sobre a questão na área jurídica.

A necessidade de que a comunidade de pesquisadores da área jurídica que estudam resíduos sólidos se organize para que se conheçam e alinhem prognósticos acerca da PNRS, da prorrogação, bem como da sua revisão;

Realizar pesquisa no sítio do CNPQ (currículo Lattes) para compilar os nomes dos pesquisadores da área jurídica que estudam o instituto dos resíduos sólidos; e,

Pesquisar produções feitas por pesquisadores da área de Direito Ambiental, tema resíduos sólidos, em base de dados. Este último possibilitará perceber como está a discussão entre pesquisadores do Direito e o instituto jurídico dos resíduos sólidos.

Ressalta-se que este trabalho não visa reduzir a importância dos autores apresentados, mas trazer à baila a reflexão para uma mudança nos livros de Direito Ambiental. E isso só é possível ao se lançar na prática para que a teoria seja modificada. Dessa forma, além de mudar os livros, é importante também modificar o processo metodológico formador que prepara o discente para concursos e prova da OAB, sem incentivá-los à pesquisa, à curiosidade e ao debate ideológico.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J. R. **Perícia ambiental, judicial e securitária: impacto, dano e passivo ambiental**. Rio de Janeiro: Editora Thex, 2009.

AMADO, F. A. D. T. **Sinopse de Direito Ambiental**. Rio de Janeiro:

Editora Forense, 2011.

AMADO, F. **Direito Ambiental esquematizado**. São Paulo: Editora Método, 2011.

AMADO, F. **Direito Ambiental esquematizado**. São Paulo: Editora Método, 2014.

ANTUNES, P. B. **Curso de Direito Ambiental**: doutrina, legislação e jurisprudência. Rio de Janeiro: Editora Renovar, 1992.

ANTUNES, P. B. **Direito Ambiental**. Rio de Janeiro: Editora Lumen Juris, 2006.

BARRAL, W.; PIMENTEL, L. O. (orgs.). **Direito Ambiental e desenvolvimento**. Florianópolis: Editora Fundação Boiteux, 2006.

BELTRÃO, A. F. G. **Curso de Direito Ambiental**. Rio de Janeiro: Editora Forense, 2009.

BELTRÃO, A. F. G. **Direito Ambiental**. São Paulo: Editora Método, 2011.

BRASIL. **Lei n. 12.305, de 02 de agosto de 2010**. Brasília: Planalto, 2010. Disponível em: <www.planalto.gov.br>. Acesso em: 25/05/2022.

CANOTILHO, J. J. G.; LEITE, J. R. M. (orgs.). **Direito Constitucional Ambiental Brasileiro**. São Paulo: Editora Saraiva, 2008.

CANOTILHO, J. J. G.; LEITE, J. R. M. (orgs.). **Direito Constitucional Ambiental Brasileiro**. São Paulo: Editora Saraiva, 2011.

CARVALHO, A. C. L.; SANTANA, J. L. **Direito Ambiental brasileiro em perspectiva: aspectos legais, críticas e atuação prática.** Curitiba: Editora Juruá, 2009.

CASELLA, P. B.; VASCONCELOS, R. C.; XAVIER JUNIOR, E. C. (orgs.). **Direito Ambiental: o legado de Geraldo Eulalio do Nascimento e Silva.** Brasília: FUNAG, 2017.

FARIAS, T.; COUTINHO, F. S. N. C. (orgs.). **Direito Ambiental: o meio ambiente e os desafios da contemporaneidade.** Belo Horizonte: Editora Fórum, 2010.

FENSTERSEIFER, T. **Direitos Fundamentais e Proteção do Ambiente: a dimensão ecológica da dignidade humana no marco jurídico constitucional do Estado Socioambiental de Direito.** Porto Alegre: Editora Livraria do Advogado, 2008.

FIGUEIREDO, G. J. P. **Curso de Direito Ambiental.** São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 2013.

FIORILLO, C. A. P. **Curso de Direito Ambiental brasileiro.** São Paulo: Editora Saraiva, 2012.

FURLAM, A.; FACALOSSO, W. **Elementos de Direito Ambiental: noções básicas, jurisprudência e questões de concursos públicos.** Rio de Janeiro: Editora Forense, 2011.

GRANZIERA, M. L. M. **Direito Ambiental.** São Paulo: Editora Atlas, 2009.

LEITE, J. R. M.; BELLO FILHO, N. B. (orgs.). **Direito Ambiental contemporâneo.** Barueri: Editora Manole, 2004.

LEMOS, P. F. I. **Direito Ambiental: responsabilidade civil e**

proteção ao meio ambiente. São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 2008.

MACHADO, P. A. L. **Direito Ambiental Brasileiro**. São Paulo: Editora Malheiros, 2008.

MARQUES, J. R. **Meio Ambiente Urbano**. Rio de Janeiro: Editora Forense, 2005.

MILARÉ, E. **Direito do Ambiente**: a gestão ambiental em foco – doutrina, jurisprudência e glossário. São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 2009.

MILARÉ, E. **Direito do Ambiente**: doutrina, jurisprudência, glossário. São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 2005.

MORAES, R.; BENATTI, J. H.; MAVÉS, A. M. (orgs.). **Direito Ambiental e políticas públicas na Amazônia**. Belém: Editora da UFPA, 2007.

MOTA, M. (coord.). **Fundamentos teóricos do Direito Ambiental**. Rio de Janeiro: Editora Elsevier, 2008.

OLIVEIRA, F. M. G. TÁVORA, N.; GOMES, L. F. **Direito Ambiental**. Niterói: Editora Impetus, 2012.

OLIVEIRA, F. M. G. **Difusos e coletivos**: Direito Ambiental. São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 2009.

PES, J. H. F.; OLIVEIRA, R. S. (coords.). **Direito Ambiental contemporâneo**: prevenção e precaução. Curitiba: Editora Juruá, 2009.

PILLATI, L. C.; DANTAS, M. B.; LEITE, J. R. M. **Direito**

Ambiental simplificado. São Paulo: Editora Saraiva, 2011.

REBELLO FILHO, W.; BERNARDO, C. **Guia prático de Direito Ambiental.** Rio de Janeiro: Editora Lumen Juris, 1999.

REIS, J. T. **Resumo de Direito Ambiental.** Niterói: Editora Impetus, 2008.

RIOS, A. V. V. (org.). **O Direito e o Desenvolvimento Sustentável: curso de Direito Ambiental.** São Paulo: Editora IB, 2005.

RODRIGUES, M. A. **Instituições de Direito Ambiental.** São Paulo: Editora Max Limonad, 2002.

SANTANA, H. J. **Direito Ambiental Pós-Moderno.** Curitiba: Editora Juruá, 2009.

SERRANO, T. M. P. D.; ZANELLA, T. V. GOMES, C. A. **Por uma nova ordem ambiental internacional: celebrando os 40 anos da Declaração de Estocolmo.** Curitiba: Editora Juruá, 2013.

SEVERO, A. L. F. **Direito, resíduos sólidos urbanos e o catador de recicláveis.** Belo Horizonte: Editora Dialética, 2020.

SILVA, J. A. **Direito Ambiental Constitucional.** São Paulo: Editora Malheiros, 2003.

SILVA, J. A. **Direito Ambiental Constitucional.** São Paulo: Editora Malheiros, 2007.

SILVA, R. F. T. **Manual de Direito Ambiental.** Salvador: Editora Juspodivm, 2011.

SILVA, S. S. T.; BRANT, L. N. C. **O Direito Ambiental**

internacional. Belo Horizonte: Editora Del Rey, 2010.

SPAREMBERGER, R. F. L.; PAVIANI, J. (orgs.). **Direito Ambiental:** um olhar para a cidadania e sustentabilidade planetária. Caxias do Sul: Editora da UCS, 2006.

VARELA, M. D. BORGES, R. C. B. (orgs.). **O novo em Direito Ambiental.** Belo Horizonte: Editora Del Rey, 1998.

VERÁS NETO, F. Q.; SARAIVA, B. C. (orgs.). **Temas atuais de Direito Ambiental e ecologia política e direitos humanos.** Rio Grande: Editora da FURG, 2013.

WEYERMÜLLER, A. R. **Direito Ambiental e aquecimento global.** São Paulo: Editora Atlas, 2010.

CAPÍTULO 2

*A Importância da Política Nacional de
Resíduos Sólidos para o Desenvolvimento Sustentável*

A IMPORTÂNCIA DA POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Marcelo Luis Lemos da Silva

Alexander Machado Cardoso

O debate sobre resíduos sólidos no Brasil surgiu no final da década de 80, mais precisamente em 1989, com o Projeto de Lei do Senado (PLS) nº 35 sobre acondicionamento, coleta, tratamento e transporte e destinação final de resíduos de serviços de saúde.

O projeto foi então tramitado como Projeto de Lei (PL) nº 203 de 1991 e, durante os anos seguintes e após inúmeros debates constituídos por várias Comissões Especiais do Ministério do Meio Ambiente, as discussões avançaram até que em 2010 a Política Nacional para Gestão dos Resíduos fosse aprovada.

Uma pesquisa do Instituto Brasileiro de Pesquisa e Estatística (IBGE), confirmou que em 4.472 (80,4%) dos 5.564 municípios então existentes no País, os resíduos sólidos gerados eram descartados inadequadamente, como por exemplo em lixões a céu aberto.

Após 21 anos de tramitação no congresso nacional, foi publicada então a Lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010, conhecida como Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), e, em seguida, o decreto nº 7.404 de 23 de dezembro de 2010 que a regulamentou.

A aprovação desta lei configura um embasamento legal para todos os agentes no tratamento dos resíduos, visto que o respaldo legal da PNRS (art. 33, I a VI) determina que estão sujeitos à

implementação de sistemas de logística reversa os óleos lubrificantes, seus resíduos e embalagens; lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista; produtos eletroeletrônicos e seus componentes.

A PNRS contém os princípios, objetivos e instrumentos para gestão eficiente dos resíduos sólidos no Brasil. O decreto regulamentador criou ainda o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos (CI), o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa (CORI) e instituiu o Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (SINIR).

Embora seja um referencial regulatório extremamente importante para a gestão de resíduos sólidos em todo o país, a PNRS apresenta conceitos, diretrizes e condições altamente generalizadas a respeito.

De acordo com a Constituição Federal de 1988, a União estabelece normas gerais (art. 24, parágrafo 1º), não excluindo a competência suplementar dos estados, diante da inexistência de lei federal sobre normas gerais (art. 24, parágrafos 2º e 3º), sendo a ordem das competências na legislação sobre matéria de proteção do meio ambiente e de responsabilidade por dano ambiental, a seguinte: União, Estados e Distrito Federal (BRASIL, 1988).

A pesquisa foi desenvolvida através de uma abordagem qualitativa de caráter exploratório por meio de revisão sistemática de literatura (RSL) a fim de compreender a importância de uma política nacional para uma das questões ambientais de maiores relevância, senão a maior, e que impactam diretamente o meio ambiente e a qualidade de vida dos seres humanos, possibilitando maior familiaridade com o tema e onde as descobertas alcançadas têm o papel de informar, divulgar e sensibilizar a sociedade, na busca pelo pragmatismo acionário que objetiva a mudança.

Com este objetivo nosso conteúdo dissertará sobre as normas regulatórias, arcabouço para as práticas a serem desenvolvidas; sanções legais à disposição inadequada, já que uma série de legislações envolvem e implementam ações relativas aos artigos da PNRS; a política nacional de resíduos sólidos (PNRS) e o desenvolvimento sustentável, já que implementando ações relacionadas à política automaticamente atendemos ao tripé econômico, ambiental, social; responsabilidade compartilhada, que imputa a todos os envolvidos no processo algum tipo de participação na implementação da política; planos de resíduos sólidos, instrumento da PNRS que atuam no diagnóstico e acompanhamento das ações dos entes federativos bem como de instituições; e a logística reversa, que sem dúvida é o instrumento mais importante da economia circular e de uma visão global e sistêmica, necessária para implementação de ações a nível local e global.

NORMAS REGULATÓRIAS

As normas estaduais não podem ser contrárias a alguma questão da norma federal. Devem seguir a hierarquia onde a PNRS define a logística reversa como regra prioritária geral, cabendo aos estados estabelecer suas especificidades locais.

Os municípios por sua vez, legislam sobre assuntos locais ou completam a legislação federal no que couber (art. 30, II). Neste emaranhado de legislações algumas ações já implementavam a prática por meio de legislações do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) como, por exemplo, a logística reversa de pilhas e baterias estabelecida pela Resolução CONAMA nº 257/1999.

São apresentados abaixo, alguns parâmetros importantes da PNRS:

1. O ciclo de vida do produto elenca as fases de criação, fabricação, comercialização e destinação final até ser recolocado na cadeia produtiva. A PNRS define o ciclo de vida do produto como: uma série de etapas que envolvem o desenvolvimento do produto, a obtenção de matérias-primas e insumos, o processo produtivo, o consumo e a disposição final (art. 3º, inciso IV e art. 6º, inciso XIII).
2. Estabeleceu como objetivos e prioridade nas aquisições e contratações governamentais, os produtos reciclados e recicláveis e para bens, serviços e obras que considerem critérios compatíveis com padrões de consumo social e ambientalmente sustentáveis (art. 7º, Inciso XI).
3. Definiu que a gestão dos resíduos sólidos seja responsabilidade dos municípios e do distrito federal sendo a responsabilidade compartilhada, onde compete ao gerador acondicionar, disponibilizar para coleta, coletar, dar tratamento e disposição final ambientalmente adequada aos rejeitos (art. 10 e art. 12).
4. Proíbe o descarte dos resíduos sólidos nos corpos hídricos e no solo e proíbe a queima a céu aberto ou em recipientes. Desta forma, proíbe também os “lixões”, que devem deixar de existir (art. 47 e art. 54).
5. Define como parte primordial os catadores de material reciclável nas ações que envolvam o fluxo de resíduos (art. 8 e art. 57).

Visando aumentar a consciência da importância no tratamento dos resíduos, importante notar que a palavra “lixo” não possui ocorrências no texto da legislação e dentre as definições da PNRS no art. 3º, os parágrafos XV e XVI merecem destaque por definirem os termos resíduos sólidos e rejeitos.

Resíduos sólidos: material, substância ou 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 semisólido, incluindo-se os 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, Inciso XVI).

Rejeitos: resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição ambientalmente adequada (BRASIL, 2010, Art. 3º, Inciso XV).

O país passou a classificar de “resíduos sólidos” aqueles que podem ser objeto de reciclagem, recuperação e tratamento, e de “rejeitos”, aqueles que ao serem descartados não apresentam nenhuma das opções de destinação anteriores, ou tiverem essas possibilidades esgotadas, restando apenas a disposição final ambientalmente adequada.

Portanto, se não houver possibilidades de destinação por quaisquer motivos, inclusive ações governamentais, muitos produtos ainda em funcionamento podem ser considerados rejeitos e os

próprios rejeitos, de acordo com o texto da Lei, podem também ser referenciados como resíduos, o que, de certa forma, ratifica uma possível “legalidade” na destinação inadequada.

SANÇÕES LEGAIS À DISPOSIÇÃO INADEQUADA

Dentre as leis relacionadas à PNRS podemos citar: i) A Lei de Crimes Ambientais (Lei 9.605/98) que impõe as penalidades em caso de não cumprimento das diretivas legais; ii) A Política Nacional de Meio Ambiente - PNMA (Lei 6938/81) que criou o Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA) e o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), entidades para regulação das questões ambientais; iii) A Política Nacional de Educação Ambiental - PNEA (Lei 9795/99) como uma das ferramentas para conscientização da atividade humana para a sustentabilidade; iv) A Política Nacional sobre Mudança do Clima (Lei 12.187/09) com o objetivo de criar condições para mitigar os impactos antrópicos sobre o clima; e, v) A Política Nacional de Saneamento Básico (Lei 11445/07) que aborda o manejo adequado de resíduos sólidos como parte de um conjunto de serviços imprescindíveis ao saneamento básico e bem estar da população.

A lei de crimes ambientais é antecessora à PNRS e aplica os sanções penais e administrativas derivadas de condutas ou atividades lesivas ao meio ambiente. De acordo com seu art. 54 as penas podem variar de um a cinco anos se o crime ocorrer por lançamento de resíduos sólidos, líquidos ou gasosos, ou detritos, óleos ou substância oleosas, em desacordo com as exigências estabelecidas em leis ou nos seus regulamentos e, nos casos do infrator deixar de adotar, quando assim exigir a autoridade competente, medidas de precaução em caso de risco de dano ambiental grave ou irreversível.

Com relação aos produtos perigosos ou substâncias tóxicas, segundo o art. 56 as penas serão de um a quatro anos de prisão e multa, quando o infrator produzir, processar, embalar, importar, exportar, comercializar, fornecer, transportar, armazenar, guardar, ter em depósito ou usar produto ou substância tóxica, perigosa ou nociva à saúde humana ou ao meio ambiente.

Em desacordo com as exigências estabelecidas em leis ou nos seus regulamentos; quando houver o abandono dos respectivos produtos ou substâncias ou os utilizar em desacordo com as normas ambientais ou de segurança; quando o infrator acondicionar, armazenar, coletar, transportar, reutilizar, reciclar ou der destinação final a resíduos perigosos de forma diversa da estabelecida em lei ou regulamento.

A responsabilidade bem como a pena, art. 1º, § 1º da PNRS também incorrem no alto escalão da empresa, provada seu conhecimento ou conduta criminosa pelo crime cometido sendo, ainda, as pessoas jurídicas penalizadas administrativas, civil e penalmente. As infrações previstas atingem (art. 47): Lançamentos em praias, no mar ou em quaisquer corpos hídricos; Lançar resíduos sólidos ou rejeitos in natura a céu aberto; Não manter atualizadas e disponíveis ao órgão municipal e ao órgão licenciador do SISNAMA e a outras autoridades informações do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS); Deixar de segregar resíduos na forma estabelecida para a coleta seletiva, quando a referida coleta for instituída; e Descumprir obrigação prevista no Sistema de Logística Reversa.

No caso de descumprimento na obrigação prevista no sistema de logística reversa e de acordo com os art. 61 e 62 do decreto nº 6.514/08, que regulamenta a lei nº 9605/98, e a lei nº 12.305/2010 a multa pode variar de R\$ 5.000,00 (cinco mil reais) a R\$ 50.000.000,00 (cinquenta milhões de reais). É de competência constitucional que os municípios organizem e prestem os serviços

públicos de interesse local, dentre os quais se encontra a gestão de resíduos sólidos.

A legislação atribui o papel de coadjuvante ao governo federal a fim de que os entes locais, geradores, criem suas rotinas de gerenciamento levando em conta suas especificidades. O protagonista é o gerador, especialmente os consumidores e o setor empresarial, a quem foram atribuídas diversas responsabilidades.

A PNRS E O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

O conceito de Desenvolvimento Sustentável é o de atender às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras satisfazerem suas próprias necessidades. Durante muitos anos, o foco do desenvolvimento levou em conta apenas a variável econômica interagindo exclusivamente com o processo de produção.

Como os recursos naturais são limitados, foi chegada a hora em que a humanidade percebeu a problemática da base desse sistema. Para atender às demandas do sistema econômico, o sistema produtivo tem requerido e exaurido os recursos naturais tais como o solo, água, as florestas naturais, as jazidas de minérios e os combustíveis fósseis.

A PNRS prevê uma hierarquia na gestão de resíduos com ações prioritárias para o seu gerenciamento na seguinte ordem: Não Gerar, Reduzir, Reutilizar, Reciclar, Tratar e Dispor Adequadamente. Este conceito foi proposto nas diretivas europeias e amplamente utilizado na área ambiental complementando conceitos como o dos “3 Rs” da Sustentabilidade (Reduzir, Reutilizar e Reciclar) ou os “7 Rs” da Reciclagem (Reduzir, Reutilizar, Reaproveitar, Reciclar, Repensar, Recusar e Recuperar).

De um modo geral a PNRS estimula a adoção e padrões sustentáveis com a produção e consumo dos 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 futuras gerações (BRASIL, 2010 art. 3º, Inciso XIII).

RESPONSABILIDADE COMPARTILHADA

De acordo com a PNRS, são juridicamente responsáveis todos aqueles que participam do ciclo de vida do produto, que se inicia com o desenvolvimento e fabricação, e vai até a destinação final ambientalmente adequada do resíduo do produto ou da embalagem, ou, eventualmente, até a disposição final ambientalmente adequada dos seus rejeitos.

Não significa que a responsabilidade seja menor para a indústria produtora, mas implica na negociação de metas e ações com o objetivo de tornar o sistema de destinação mais eficiente e com a devida responsabilização por eventuais danos ou geração de passivos ambientais.

A responsabilidade pelos resíduos deve ser compartilhada por todo o ciclo de vida dos produtos, principalmente o descarte, implementada de forma individualizada e encadeada, abrangendo os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, os

prima ou que tenha uma disposição final que não agrida ao meio ambiente, processo conhecido como Economia Circular.

As diversas obrigações dos agentes que compõem a cadeia de produção para que os produtos sejam projetados visando à sua reutilização e reciclagem futuras, como também para que se implantem os referidos mecanismos de logística reversa para fins de

coleta de determinados produtos e embalagens, vão além da responsabilidade dos consumidores de promover a entrega desses produtos para uma correta destinação final e são estabelecidas dos art. 30 ao 36 da PNRS (BRASIL, 2010).

Diante das obrigações estabelecidas e dos atores envolvidos, acredita-se que crescerá progressivamente a importância da abordagem econômica das medidas aplicáveis à gestão dos resíduos. Tanto a logística reversa quanto a coleta seletiva são instrumentos propostos na PNRS que dependem da responsabilidade compartilhada.

Com uma gestão adequada desses processos garantiremos o aumento das taxas de reciclagem, mesmo esta não tendo o protagonismo de épocas anteriores, ocupado agora pela ação de “não geração”, esta ainda diminui sobremaneira o número de resíduos entregues nos aterros sanitários possibilitando o reaproveitamento de materiais, economizando o custo do aterro e trazendo oportunidades de trabalho, renda e inclusão social.

A responsabilidade compartilhada é um conceito fundamental para desenvolvermos uma nova compreensão acerca da gestão dos resíduos sólidos, comprometida em transformar todos os atores que interagem no processo como importantes elos para a solução do problema, visto que, anteriormente a responsabilidade pela gestão dos resíduos sólidos recaía sobre os municípios, elo mais frágil da nossa estrutura administrativa.

PLANOS DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Alguns dos principais instrumentos da PNRS (2010), são os planos de resíduos sólidos que podem ser divididos em: Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Planos Estaduais de

Resíduos Sólidos (PERS), Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) e Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS).

O Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) apresenta o diagnóstico atual dos resíduos sólidos no Brasil e uma previsão de cenário até 2023. São diretrizes, estratégias e metas que orientam as ações para a gestão ambientalmente adequada dos resíduos sólidos.

Os Planos Estaduais de Resíduos Sólidos (PERS) apresentam o diagnóstico de resíduos dos estados, sendo condição para aquisição de subsídios federais.

A elaboração do PERS nos termos previstos no art.16 da Lei, foi uma condição para os Estados terem acesso a recursos da União a partir de 2 de agosto de 2012, destinados a empreendimentos e serviços relacionados à gestão de resíduos sólidos, ou para serem beneficiados por incentivos ou financiamentos de entidades federais de crédito ou fomento para tal finalidade.

O Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) é aquele elaborado pelos municípios. A elaboração do PMGIRS é também condição necessária para acesso aos recursos da União, destinados à limpeza urbana e ao manejo de resíduos sólidos (BRASIL, 2010, art. 18).

Dependendo do tipo de solução implantada (individual ou conjunta), do número e tamanho dos municípios e do número de habitantes, os planos municipais podem receber denominações como: Planos Simplificados de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PSGIRS), Planos Intermunicipais e “Planos Intermunicipais, Microrregionais, de Regiões Metropolitanas e de Aglomerações Urbanas”.

O Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) é de competência das empresas e define como estas devem agir em

relação aos seus resíduos, sendo atualizado anualmente. Caso a empresa esteja sendo submetida à licença ambiental, o PGRS aparece como pré-requisito e deve ser avaliado por órgãos vinculados ao SISNAMA. Se a empresa não estiver em processo de licenciamento ambiental, também deve ser elaborado, mas pode ser avaliado pelos órgãos locais municipais.

Dentre os setores onde as empresas estão sujeitas ao PGRS estão: industrial, serviços públicos de saneamento básico, serviços de saúde, mineração, construção civil, serviços de transportes (alfândegas e portos), atividades agrossilvopastoris, estabelecimentos comerciais que gerem resíduos perigosos ou não equiparados aos domiciliares por sua natureza, composição ou volume (caso do REEE mesmo que não seja considerado perigoso nas fases anteriores à separação do material, não pode ser equiparado aos resíduos domiciliares).

Visando um maior critério no tratamento dos resíduos sólidos, a Lei determinou que os municípios fossem obrigados a eliminar, no prazo de 4 anos, isto é, agosto de 2014, todos os lixões da cidade e que os resíduos então fossem encaminhados para locais mais adequados ambientalmente à disposição final chamados de aterros sanitários.

O Projeto de Lei do Senado (PLS) nº 425/2014, emendas à Medida Provisória (MP) nº 678/2015 e o Projeto de Lei Complementar (PLP) de iniciativa da Câmara dos Deputados, nº 14 de 2015. Em 18 de dezembro de 2014, o PLS nº 425/2014 aprovado pelo Senado, sugeriu a alteração dos art. 54 e 55 da PNRS, permitindo a prorrogação do fechamento dos lixões para 2021.

O projeto ampliou ainda, até 2 de agosto de 2020, o prazo para os municípios elaborarem o plano de gestão integrada de resíduos sólidos (PMGISR). O prazo inicialmente previsto na Lei de Resíduos Sólidos terminou em 2012. O projeto confere prazos

diferenciados de acordo com a população dos municípios. As capitais e municípios de região metropolitana tiveram até 31 de julho de 2018 para acabar com os lixões.

Os municípios de fronteira e os que contam com mais de 100 mil habitantes, tiveram um ano a mais para implementar os aterros sanitários. As cidades que têm entre 50 e 100 mil habitantes terão prazo até 31 de julho de 2020. Já o prazo para os municípios com menos de 50 mil habitantes será até 31 de julho de 2021.

Atualmente tramita na câmara dos deputados o projeto de Lei Complementar (PLP) nº 14 de 2015 que considera os prazos vencidos e estende a exigência de elaboração dos planos de resíduos municipais para 02 de agosto de 2020 e a erradicação dos lixões e consequente disposição ambientalmente adequada, a partir de agosto de 2024, num total de 10 anos de ampliação.

O principal argumento é que os prazos não foram suficientes para que os municípios realizassem os planos e implantassem as ações necessárias devido a dificuldades financeiras e técnicas. Com a pandemia do novo coronavírus, esses prazos poderão ser alterados mais uma vez.

LOGÍSTICA REVERSA

Logística é o processo que define todos os caminhos percorridos pelo produto, desde que ainda era matéria prima, até o seu consumidor final. A logística pode ser definida como a maneira de se obter melhor nível de rentabilidade nos serviços de distribuição aos clientes e consumidores, por intermédio de planejamento, organização e controle efetivo para as atividades de movimentação e armazenagem visando facilitar o fluxo de produtos.

A logística reversa trata do caminho contrário onde o produto retorna após o consumo para o fabricante ou alguma outra empresa que queira recebê-lo, após o seu uso, afim deste efetuar o destino adequado dos componentes nele contidos sendo assim parte primordial de um modelo de prática econômica conhecido por Economia Circular. É um processo convergente onde os produtos saem de diversos consumidores para um destino único ou poucos destinos.

A logística reversa é o:

Instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por 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, art. 3º, XII).

Segundo Stock (1992), logística reversa é a expressão utilizada para se referir ao papel da logística na reciclagem, disposição de resíduos e gerenciamento de materiais perigosos. Aumentando estas perspectivas, inclui todas as questões relacionadas com as atividades logísticas para cuidar da redução de fontes, reciclagem, substituição, reuso de materiais e descarte.

A Logística Reversa não pode ser encarada apenas como o recolhimento dos produtos, mas, sim, como o gerenciamento de todo o caminho que este produto percorre até o seu descarte adequado. A logística reversa possui três dimensões: logística, financeira e ambiental. Este tipo de visão sistêmica é importante para que o planejamento da rede logística envolva todas as etapas do ciclo do produto. No tocante aos resíduos, a logística reversa impacta

positivamente o ambiente, visto que a quantidade de materiais potencialmente perigosos descartada em aterros junto com outros tipos de resíduos é reduzida.

Com a preocupação da sociedade na questão ambiental, os consumidores passam a perceber os impactos de um descarte inadequado de seus produtos, onde se sentem parte desse processo prejudicial ao meio ambiente. As empresas com isso, podem obter ganhos financeiros e fidelizar o cliente junto com os benefícios ambientais oriundos da logística reversa, onde o cliente passa a fazer parte de um processo benéfico.

Mesmo que as instituições de pequeno porte não possuam volume de retorno suficiente de produtos para tornar as atividades de Logística Reversa economicamente viáveis, vale a pena a contratação de uma empresa especializada para o processo, pelos seguintes fatores:

- (i) A Limpeza do canal para a introdução de novos produtos, ou produtos com upgrade de tecnologia;
- (ii) O Fornecimento de assistência técnica através do serviço de garantia ao consumidor, recolhendo produtos defeituosos e fornecendo produtos novos, podendo ainda a empresa lucrar com possíveis consertos de produtos fora da garantia;
- (iii) A proteção da marca, evitando que produtos defeituosos sejam mal consertados ou vendidos no mercado paralelo;
- (iv) O lucro com o aproveitamento de componentes, substituindo matérias primas virgens, e por conseguinte, o custo da produção;
- (v) O lucro com a venda para a reciclagem e, principalmente, a preservação do meio ambiente,

evitando que substâncias tóxicas ou materiais com vida longa sejam descartados sem o devido cuidado.

O Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (SINIR), através do endereço eletrônico www.sinir.gov.br/logisticareversa, é um instrumento da PNRS que apresenta e atualiza em tempo real a implantação dos sistemas de LR no país.

REFERÊNCIAS

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Recomendações para a gestão de resíduos sólidos durante a pandemia de coronavírus (COVID-19)**. São Paulo: ABRELPE, 2020.

AUAD, G. A.; MARQUES, R. F. P. V.; RITA, F. S.; ALCANTRA, E.; OLIVEIRA, A. S.; FREITAS, A. S.; RODRIGUES, L. S. "Reflexões sobre a política nacional de resíduos sólidos e a pandemia do COVID-19: Gerenciamento adequado". **Research, Society and Development**, vol 10, 2021.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília: Planalto, 1988. Disponível em: <www.planalto.gov.br>. Acesso em: 07/04/2022.

BRASIL. **Decreto n. 7.404, de 23 de dezembro de 2010**. Brasília: Planalto, 2010. Disponível em: <www.planalto.gov.br>. Acesso em: 07/04/2022.

BRASIL. Lei n. 12.305, de 02 de agosto de 2010. Brasília: Planalto, 2010. Disponível em: <www.planalto.gov.br>. Acesso em: 07/04/2022.

COELHO, K. A. M. C.; SOUSA, T. C.; VAZ, A. P. M. S. "Diagnóstico do gerenciamento de resíduos sólidos comerciais na região central de Balsas – MA". **Research, Society and Development**, vol. 10, 20211.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resoluções CONAMA n. 257, de 30 de junho de 1999.** Brasília: CONAMA, 1999. Disponível em: <www.conama.gov.br>. Acesso em: 06/04/2021.

GOUVEIA, N. "Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social". **Ciência e Saúde Coletiva**, vol. 17, 2012.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. "Manejo de resíduos sólidos". **IBGE** [(2021)]. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 03/04/2022.

ISWA - International Solid Waste Association. "Waste management during the Covid-19 pandemic". **ISWA** [2020]. Disponível em: <www.iswa.org>. Acesso em: 06/02/2022.

JARDIM, A.; YOSHIDA, C.; MACHADO FILHO, J. V. (eds.). **Política Nacional, Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos.** Editora Manole, 2012.

KLIGERMAN, D. C. "A era do desperdício X A era do Desperdício". *In*: SISINNO, C. L. S.; OLIVEIRA, R. M. (orgs.). **Resíduos Sólidos, Ambiente e Saúde** – uma visão multidisciplinar. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2003.

LEONARD, A. **A História das Coisas: da natureza ao lixo, o que acontece com tudo que consumimos**. Rio de Janeiro: Editora Zahar, 2011.

MAIELLO, A.; BRITTO, A. L. N. P.; VALLE, T. F. "Implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos". **Revista de Administração Pública**, vol. 52, 2018.

MAO, K.; ZHANG, H.; YANG, Z. "Can a paper-based device trace COVID-19 sources with wastewater-based epidemiology?" **Environmental Science and Technology**, vol. 54, 2020.

PEREIRA, A. S.; SHITSUKA, D. M.; PARREIRA, F. J.; SHITSUKA, R. **Metodologia da pesquisa científica**. Santa Maria: Editora da UFSM, 2018.

POLLETO, L. D. **Metodologia de definição de grandes geradores de resíduos sólidos urbanos para o município de Florianópolis** (Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Engenharia Sanitária Ambiental). Florianópolis: UFSC, 2018.

SILVA, M. L. L.; OLIVEIRA, C. E. A.; FERREIRA, R. P.; CARDOSO, A. M. "Risco Ambiental e Biotecnologia na Recuperação de Metais da Placa de Circuito Impresso (PCI)". **Brazilian Applied Science Review**, vol. 4, 2020.

SILVEIRA, C. L. S.; OLIVEIRA, R. M. (orgs.). **Resíduos Sólidos, Ambiente e Saúde** – uma visão multidisciplinar. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2000.

SINIR - Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos. **Logística reversa**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2021. Disponível em: <www.sinir.gov.br>. Acesso em: 28/06/2022.

STEINER, P. A. Gestão de resíduos sólidos em centros comerciais do município de Curitiba-PR (Dissertação de Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental). Curitiba: UFPR, 2010.

STOCK, J. R. Reverse Logistics: white paper. Illinois: Oak Brook, 1992.

de metodologia da pesquisa: artigo, resenha, projeto, TCC, monografia, dissertação e tese. Porto Alegre: Editora AMGH Ltda, 2011.

CAPÍTULO 3

*Os Desafios Enfrentados pela PNRS
devido à Geração Atual de Resíduos Sólidos*

OS DESAFIOS ENFRENTADOS PELA PNRS DEVIDO À GERAÇÃO ATUAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Eliana Dantas Ribeiro

O desenvolvimento econômico das cidades brasileiras tem causado uma grande geração de lixo, e esse tipo de resíduo se não for gerenciado de forma eficiente, pode causar prejuízos à saúde pública. Dentre esses prejuízos, os autores Dall'agnol e Fernandes (2007), citam as doenças como diarreias causadas pelo contato com o lixo e doenças transmitidas por vetores biológicos e mecânicos.

Os resíduos, quando se acumulam, propiciam a infestação de animais, de insetos como as moscas, de microrganismos como as bactérias, tudo isso pode causar doenças aos seres humanos (HOBBS; ROBERTS, 1999).

A legislação brasileira apresenta a Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS (BRASIL, 2010), em que os seus objetivos contemplam a não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos, além disso que exista a sua disposição final de forma correta sem causar danos ao meio ambiente.

Essa política é de grande importância para a proteção ambiental, quando se trata da gestão adequada dos resíduos gerados pela sociedade. Os fatores como a logística reversa, planos de gestão, coleta seletiva, inclusão social e profissional dos catadores de materiais recicláveis são amplamente discutidos por este tipo de legislação (PEREIRA, 2011).

A Lei nº 12.305 (BRASIL, 2010) preconiza que os resíduos sólidos devem passar pelas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento, destinação final e disposição final ambientalmente

adequada dos rejeitos. Todas essas etapas devem atuar em conjunto para que haja um eficiente gerenciamento dos resíduos que são gerados pela sociedade.

Os resíduos, depois de coletados e tratados, a legislação brasileira que contempla a PNRS estabelece que os mesmos sejam dispostos em locais apropriados para seu armazenamento. Uma dessas disposições finais é denominada de Aterro Sanitário.

Onde existe uma norma brasileira, a NBR 8.419/1992, que cita os processos de funcionamento desses tipos de obras. Ainda sobre essa norma, ela menciona que o tipo de local destinado para a alocação do aterro sanitário deve ser escolhido com base na economia de transporte, economia operacional, infraestrutura urbana e zoneamento ambiental.

As cidades brasileiras têm crescido de uma forma desacelerada e conseqüentemente aumentou-se o volume da geração de resíduos sólidos nos dias atuais. Diante disso, a legislação ambiental brasileira tem enfrentado grandes desafios, a fim de tornar eficiente a aplicação das leis, no que se refere à proteção ambiental dos recursos naturais.

São muitos os desafios enfrentados pela legislação ambiental brasileira, principalmente no quesito sustentabilidade ambiental. O autor Wassermann (2006), explica que para haver o desenvolvimento sustentável na sociedade, é necessário o gerenciamento do consumo de energia e água e da geração e destino dos resíduos gerados.

O grande desafio é executar a aplicação da legislação ambiental brasileira, compatibilizando isso com o desenvolvimento econômico das cidades, visando diminuir significativamente o impacto ambiental.

O objetivo desse estudo é apresentar os desafios perante à implementação da Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS), dentre os quais destacam-se: os novos hábitos consumistas da sociedade atual; o aumento da geração de resíduos ao longo dos anos; a existência da disposição inadequada de resíduos e uma melhor alternativa de disposição final.

MEODOLOGIA

A legislação ambiental existe para regularizar as atividades feitas pelo homem, as quais possam causar prejuízos ambientais, sendo que estas podem demandar gerenciamento adequado e com isso ser possível evitar danos à saúde pública.

Com o intuito de comprovar os desafios enfrentados pela legislação, a pesquisa foi realizada com o auxílio de bibliografias direcionadas à área dos resíduos sólidos urbanos, bem como monografias, dissertações, teses, artigos e leis, estatísticas de órgãos nacionais e internacionais inerentes a temática da geração de lixo, bem como explicações de autores específicos da área de resíduos sólidos no Brasil.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste tópico serão discutidos os fatores que influenciam diretamente na geração de resíduo do Brasil. Serão apresentadas estatísticas, baseadas em informações de órgãos públicos brasileiros, bem como pesquisas realizadas por profissionais da área ambiental, especificamente para o assunto de geração do lixo urbano.

A geração dos resíduos sólidos brasileiros

A geração dos resíduos pode ser influenciada por vários fatores tais como hábitos sociais e culturais, os costumes de uma sociedade, hábitos consumistas que podem corroborar para a produção em massa de lixo (MEDINA, 2008).

Estatísticas da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – ABRELPE (2021), apontam que em 2020 foram geradas, aproximadamente, 82,5 milhões de toneladas ou 225.965 toneladas diárias de resíduos, em que cada brasileiro gerou em média 1,07 kg por dia.

Diante disso a legislação brasileira enfrenta desafios, no que concerne à sua implementação de uma forma sustentável e eficiente, haja vista que existem fatores que contribuem para uma desordenada geração de resíduos sólidos no país, que vão desde a mudança de hábitos de consumo dos cidadãos, bem como seus padrões de vida, fatores culturais, renda familiar e o desenvolvimento econômico da localidade (SUTHAR; SINGH, 2015).

Conforme o Artigo nº 36 da PNRS (2010), para a responsabilidade referente aos serviços de limpeza pública, faz-se necessário o administrador superior das atividades rotineiras de limpeza do município, com o auxílio de um bom planejamento ambiental, realizar as seguintes etapas:

- I. Adotar procedimentos para reaproveitar os resíduos sólidos reutilizáveis e recicláveis oriundos dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos;
- II. Estabelecer sistema de coleta seletiva;

- III. Articular com os agentes econômicos e sociais medidas para viabilizar o retorno ao ciclo produtivo dos resíduos sólidos reutilizáveis e recicláveis oriundos dos serviços de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos;
- IV. Realizar as atividades definidas por acordo setorial ou termo de compromisso na forma do § 7º do art. 33, mediante a devida remuneração pelo setor empresarial;
- V. Implantar sistema de compostagem para resíduos sólidos orgânicos e articular com os agentes econômicos e sociais formas de utilização do composto produzido;
- VI. Dar disposição final ambientalmente adequada aos resíduos e rejeitos oriundos dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos (PNRS, 2010).

Santos (2008), menciona que o município de Fortaleza - Ceará, só a partir de 1998, essa cidade passou a tratar os seus resíduos sólidos domésticos, ou seja, utilizando-se as etapas de gerenciamento formado por coleta domiciliar, usina de triagem e aterramento sanitário.

Diante disso, a coleta domiciliar tornou-se função de uma concessionária; o aterramento sanitário definiu uma forma de alocação final dos resíduos e a usina de triagem possibilitou uma melhor organização dos materiais recicláveis encontrados no lixo fortalezense.

No que se refere à atividade de reciclagem do lixo, para o Ministério do Meio Ambiente – MMA (2016), os catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis, que atuam na coleta seletiva; triagem; classificação; processamento e comercialização desses

materiais oferecem um trabalho precioso à sociedade, que contribui para diminuir o descarte exorbitante de resíduos e ainda promove a limpeza da cidade, impactando positivamente na preservação ambiental.

O trabalho desses cidadãos contribui para reinserção dos resíduos, como matéria-prima, em outros ramos do comércio. Muitos destes seres humanos trabalham sob condições precárias, o que foi percebido pela pesquisa de Silva (2017) e Leite (2020), onde foi verificado que os mesmos trabalham sem auxílio de políticas públicas, além disso, é comum realizarem suas atividades sem nenhuma proteção (Equipamento de Proteção Individual – EPI).

Os novos hábitos consumistas da sociedade atual.

O aumento do consumo por parte da população gera bastante resíduo sólido urbano, esse aumento é causado pelo crescimento populacional aliado aos avanços tecnológicos, o que pode gerar grandes desafios ao poder público, quando se trata da gestão integrada² e do gerenciamento ambiental (SANTOS, 2012).

Entende-se de Santos (2008), que hábitos de consumo insustentáveis, a utilização predatória da natureza e o crescimento desordenado das cidades agravam a situação ambiental, bem como a saúde pública de muitas cidades brasileiras. Nessa perspectiva os resíduos sólidos, se não forem bem gerenciados, eles causam um grande problema ambiental.

² Conforme Berticelli, Pandolfo e Korf (2017), a gestão integrada dos resíduos sólidos urbanos (RSU) é necessária pelo motivo do esgotamento e comprometimento de recursos naturais, além disso devido aos problemas sociais, ambientais e econômicos de disposição final.

Existem produtos muito consumidos pela sociedade atual, os quais na sua composição contém plásticos e materiais eletrônicos, por exemplo.

Russo (2003), menciona o consumo de alguns produtos por parte das residências, em que os mesmos geram resíduos que podem ocasionar contaminação química, tais como as pilhas e baterias, equipamentos eletrônicos, as lâmpadas fluorescentes, solventes, tintas, cápsulas de garrafas, óleos de motor usados e plásticos.

O autor ainda reforça que esses resíduos, quando recolhidos e misturados, mesmo que em pequenas quantidades, eles ainda apresentam-se como uma preocupante forma de contaminação.

Materiais como os plásticos são muito consumidos pelas pessoas na sociedade, por meio de diversas formas de embalagens, e isso está ocasionando o acúmulo desses produtos no ambiente (GORNI, 2006 *apud* FREIRE, 2017).

Conforme o panorama global da E-Waste Monitor (2020), o continente asiático liderou o ranking do volume de resíduos provenientes de equipamentos eletrônicos, com cerca de 24,9 milhões de toneladas métricas (Mt), em segundo lugar ficou as Américas com 13,1(Mt), a Europa com 12(Mt), a África 2,9(Mt), e por último a Oceania com 0,7 (Mt).

A China superou essa estatística, como pode ser visto na Figura 1 abaixo, onde em 2019 este país asiático já havia produzido cerca de 10,1 milhões de toneladas de resíduos eletrônicos. O Brasil, nesse caso, foi o que produziu menos resíduos eletrônicos com cerca de 2,1 milhões de toneladas.

Figura 1 – Países que mais geraram resíduos eletrônicos em 2019



Fonte: E-WASTE MONITOR (2020).

Em uma pesquisa realizada por Carvalho (2018), foi visto que existe uma problemática a respeito de embalagens provenientes de agrotóxicos utilizados em atividade de agricultura, a autora verificou também que poucos municípios, especificamente no estado do Ceará, onde foi realizado o estudo, ainda existem poucos municípios participantes das campanhas de coleta pelo Sistema Campo Limpo, isso significa que a grande maioria das embalagens geradas nesse estado não sofrem logística reversa como institui a Lei 12.305/2010.

Diante disso, verifica-se que a temática da geração do resíduo sólido não engloba apenas o lixo gerado nas grandes cidades, mas também o lixo gerado até mesmo pelas atividades de regiões

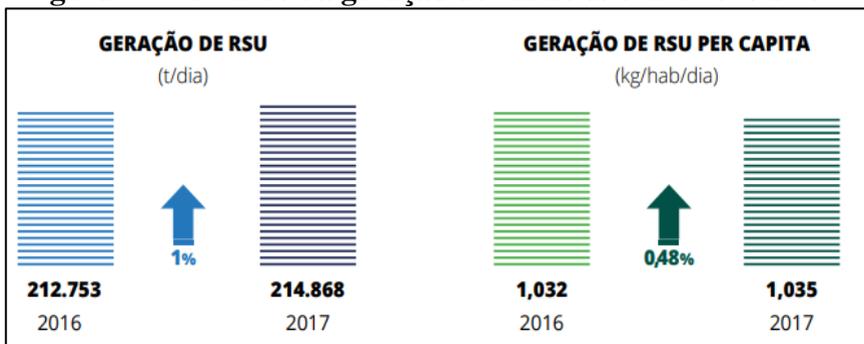
interioranas, onde os costumes de consumo e formas de agricultura já não são os mesmos de décadas anteriores.

O aumento da geração de resíduos ao longo dos anos.

Com o passar dos anos, a geração de resíduos teve uma tendência ao aumento. Isso se explica devido ao consumo de produtos descartáveis e não duráveis, causando um grande volume e variedade de resíduos sólidos nos meios urbanos, esse problema é como um desafio para a gestão pública, porque com toda essa produção de lixo, pode haver a poluição do meio ambiente (ROTH; GARCÍAS, 2008).

É perceptível o aumento da geração de lixo com o decorrer dos anos, pois foi verificado em dados da ABRELPE (2017), que entre 2016 e 2017 a geração per capita de resíduos sólidos apresentou aumento de 0,48% e a geração total de resíduos aumentou 1% no mesmo período, atingindo um total de 214.868 toneladas diárias de resíduos no país, conforme está apresentado na Figura 2 abaixo.

Figura 2 - Aumento da geração de resíduos entre 2016 e 2017



Fonte: ABRELPE (2017).

Além da geração de resíduos domiciliares, existem outros tipos de resíduos sendo gerados na sociedade, como os de serviços de saúde. Na pandemia da Covid-19, dados da ABRELPE (2021), registraram que em 2020 foram produzidas cerca de 290 mil toneladas de resíduos de serviços de saúde, com um índice de coleta per capita em torno de 1,4 kg por habitante no ano.

Para Martins e Ribeiro (2021), a demanda alta do mercado por produção e os atuais hábitos de consumo das pessoas na sociedade podem causar danos à natureza, os quais são resultantes dos rejeitos e da utilização de materiais poluentes utilizados na produção. As autoras ainda frisam, que o comportamento humano ligado ao hiperconsumo tem relação direta com o comprometimento do equilíbrio ecológico do planeta.

Pinheiro *et al.* (2009), pontuam que existe uma resistência em implantar modelos de desenvolvimento sustentável que possam diminuir a velocidade do consumo exacerbado pela sociedade atual. Ainda inexiste a consciência de que padrões altos de consumo destroem a capacidade do planeta se manter dessa forma por mais anos.

Infelizmente o que pode ocorrer é a redução da capacidade ambiental, pois vão acontecendo as mudanças climáticas, a piora da qualidade dos recursos hídricos dentre outros eventos que vão pouco a pouco ceifando a vida do planeta (GODECKE; NAIME; FIGUEIREDO, 2012).

Para Campos (2012), existem algumas hipóteses que poderiam justificar o porquê do aumento da geração de lixo nos centros urbanos, dentre as quais a autora pontua:

- a) Aumento do emprego e elevação da massa salarial; políticas de enfrentamento da pobreza — PBF e BPC;
- b) Redução do número de pessoas por domicílio e da composição familiar;
- c) Maior participação da mulher no mercado de trabalho;
- d) Fluxo de retorno da migração nordestina para o Sul de volta ao Nordeste, estimulando novos hábitos de consumo;
- e) Maior facilidade na obtenção de crédito para o consumo;
- f) Não cobrança pelos serviços de coleta e manejo dos resíduos sólidos aos municípios;
- g) Estímulo frenético ao consumo pelos veículos de comunicação;
- h) Uso indiscriminado de produtos descartáveis (CAMPOS, 2012, p. 171-180).

Nota-se que não é apenas uma causa que corrobora o aumento da geração de lixo, mas a soma de várias causas, dentre elas sociais e econômicas que juntas colaboram para as mudanças de padrão de consumo humano e isso impacta intensamente no volume de materiais descartados, não só nos centros urbanos, mas no interior dos estados também.

O desenvolvimento das cidades não é um acontecimento controlável, ele é consequência do desenvolvimento da educação e da profissionalização da sociedade civil, o que poderia ser controlado seria a forma como se consomem os bens duráveis e não duráveis, neste ponto se tem um grande desafio a ser superado.

A existência da disposição inadequada de resíduos.

No Brasil ainda existem lixões em operação, nesses locais não se tem a realização de um monitoramento ambiental. Isso pode causar grandes prejuízos ao meio ambiente, segundo Lanza *et al.* (2010), quando acontece a má disposição dos resíduos no solo, isso altera as características físicas, químicas e biológicas daquele lugar, conseqüentemente isso causa danos à saúde pública.

No que se refere ao ar das localidades próximas aos lixões, os resíduos ali dispostos geram gases devido à decomposição da matéria orgânica, e esses gases podem contribuir para o efeito estufa (JACOBI; BENSEN, 2011).

Figura 3 - Lixão a céu aberto



Fonte: Jesus (2021).

Segundo as estatísticas da ABRELPE (2021), de 100% dos resíduos sólidos brasileiros, 60% são enviados para os aterros sanitários, mas existem ainda 40% destes sendo enviados para os lixões e aterros controlados. Na Figura 2, é mostrada a situação de um lixão a céu aberto, como exemplo, onde não existem monitoramentos ambientais.

Além dos lixões, existem os aterros controlados que embora tenham uma semelhança com o nome aterro sanitário, estes dois tratam-se de empreendimentos com grandes diferenças, haja vista que um aterro controlado não possui uma infraestrutura sanitária adequada, além de não operar de forma eficiente, muitos estão localizados próximos a zonas habitadas e ecossistemas importantes (SISINNO, 2003).

Em um estudo realizado por Ramos *et al.* (2017), com lixões dos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e São Paulo, foi verificado os níveis de impacto ambiental gerado por esses ambientes.

A motivação para o estudo foi que, muitos municípios brasileiros de pequeno porte não monitoram seus lixões, para isso os autores tiveram a ideia de propor prioridades de remediação desses ambientes por meio de uma ferramenta de apoio à decisão (FAD), que consistia na elaboração de um documento com várias etapas, como descrito abaixo:

1. Elaboração de um questionário de campo para diagnosticar lixões;
2. Estabelecimento de um sistema de pontuação para o questionário de campo, visando mensurar o nível de impacto de cada lixão diagnosticado;

3. Codificação da ferramenta na forma de um programa. Ao final do desenvolvimento do programa, este foi validado por usuários, os quais inseriram as informações do formulário de campo e o programa efetuou os cálculos da pontuação. Por meio desses dados, o programa estabeleceu o nível de impacto e gerou o diagnóstico do lixão. Cada etapa do processo será mais detalhada a seguir (RAMOS *et al.*, 2010, p. 1233-1241).

No mesmo estudo, os pesquisadores citados anteriormente observaram que pelas informações obtidas com a FAD o nível de impacto relacionado ao lixão da região do Rio Grande do Sul foi maior, com espessura de resíduo superior a 10 m, existência de acidentes geotécnicos e vazamento de chorume, já os lixões de Santa Catarina e São Paulo apresentaram espessura de até 10 m, porém seu impactado foi inferior quando comparado ao lixão do Rio Grande do Sul, o que comprovou a necessidade de uma remediação urgente neste local.

Em uma pesquisa realizada por Santos e Rigotto (2008), foram apresentados alguns lixões inativos existentes na cidade de Fortaleza- Ceará, dentre eles o lixão João Lopes, localizado no bairro Monte Castelo; lixão do Jangurussu, o lixão da Barra do Ceará entre outros.

O primeiro funcionou de 1956 a 1960, já o segundo funcionou de 1978 a 1998, e o terceiro de 1961 a 1965. Os autores explicam que esses locais mesmo que estejam inativados, ainda oferecem riscos de contaminação à vizinhança, além disso são vistos como lugares desvalorizados socialmente, tanto que se localizam em áreas mais afastadas de zonas nobres da cidade.

Observa-se o quanto é importante monitorar lixões a céu aberto, pois eles são focos de contaminação, onde o prejuízo ambiental pode se estender por décadas.

A existência desses ambientes sem controle nenhum só piora a qualidade dos recursos naturais que estão próximos da disposição desses materiais. Assad e Siqueira (2016), destacam que para isso é imprescindível a existência da gestão dos resíduos em uma cidade, onde postergar a existência dos lixões em detrimento da construção de aterros sanitários não seria uma ação justa.

Alternativa para a disposição final de resíduos sólidos.

O aterro sanitário é considerado pela Lei nº 12.305/2010 como uma forma ordenada de disposição final de resíduos sólidos (BRASIL, 2010). Para Van Elk (2007 *apud* Cavalcante, 2021) o aterro sanitário apresenta a melhor relação custo-benefício quando comparado com outras tecnologias.

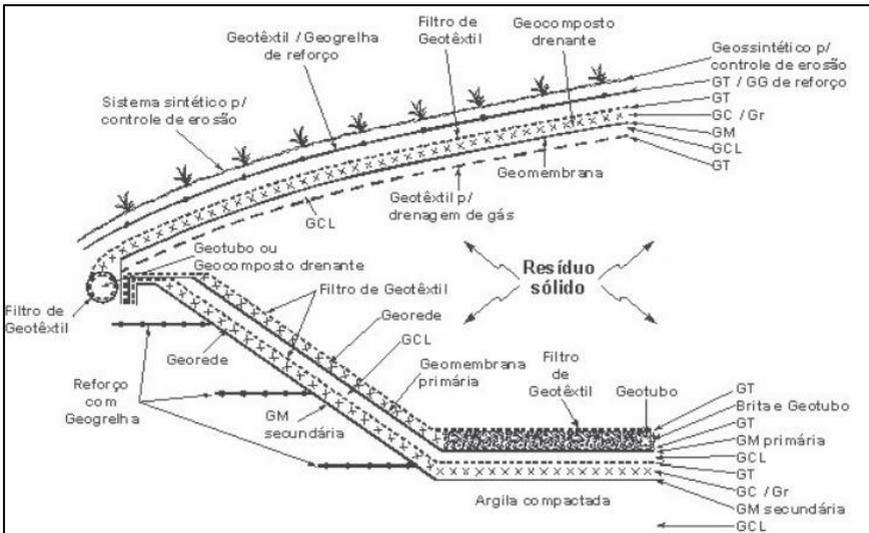
Catapreta (2008), cita que em aterros sanitários, existe o acompanhamento e monitoramento adequado da disposição dos resíduos sólidos urbanos, com a utilização das tecnologias existentes e normas previstas pela legislação ambiental, além do mais ele é utilizado como uma forma de não causar danos ao meio ambiente e à saúde.

Os aterros de modo geral utilizam camadas com materiais específicos para a sua funcionalidade no sistema. Em camadas que estão alocadas na cobertura, é utilizado material de solo argiloso que possa ter baixa permeabilidade, e o mais importante é que essas camadas devem ser bem compactadas, os resíduos devem estar isolados por camadas impermeáveis, que orientam o movimento do

lixiviado para o sistema de drenagem (DANIEL, 1993; BOSCOV, 2008).

As argilas são materiais que conferem menor permeabilidade, e no caso dos aterros esse material é de grande importância, para a camada superficial e para tornar a camada de base impermeável (FRANCESCHET *et al.*, 2005). A Figura 4 mostra a configuração das camadas de cobertura e base de um aterro sanitário convencional:

Figura 4 - Configuração da camada de cobertura e base do aterro sanitário



Fonte: KOERNER (1998 *apud* LODI; ZORNBERG; BUENO, 2009).

Para não causar danos ao meio ambiente, essa alternativa de disposição final contempla um projeto de aterro sanitário que deve seguir algumas regras, dentre as quais Mota (2003), explica que a área dever estar afastada de áreas urbanas; deve ter distância

satisfatória de recursos hídricos superficiais; deve-se ter um afastamento do lençol freático; a área deve possuir disponibilidade de material de cobertura e a distância não deve ser muito grande das áreas de coleta.

Para haver um eficiente armazenamento dos resíduos, deve-se escolher uma alternativa que não cause prejuízos ambientais, como contaminação dos recursos naturais. E os aterros sanitários possibilitam fazer esse armazenamento e concomitantemente atenuar possíveis contaminações causadas pelos resíduos. Na Figura 5 abaixo, tem-se um aterro sanitário em funcionamento, onde existem alguns veículos realizando a disposição de alguns resíduos.

Figura 5 - Disposição de resíduos sólidos em um aterro sanitário



Fonte: SANTOS (2012).

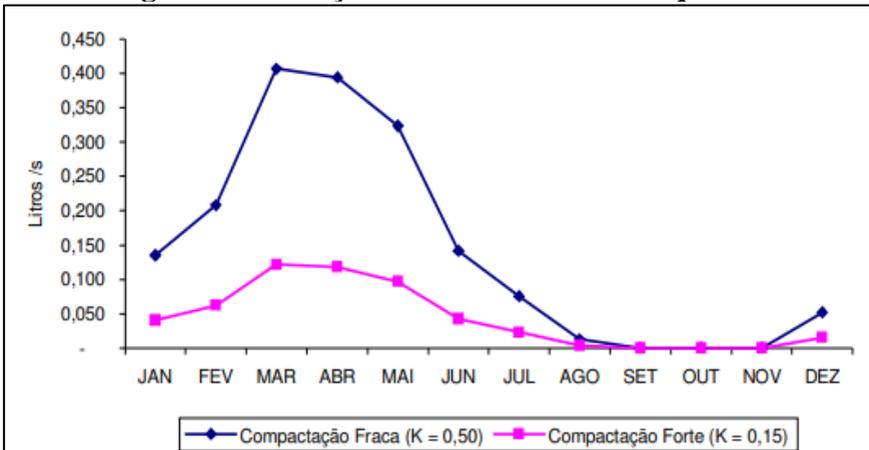
Silva e Tagliaferro (2021), lembram que nos aterros sanitários existem vários monitoramentos, dentre eles o geotécnico, onde são feitas atividades que permitem o controle operacional, a avaliação do comportamento das deformações do maciço,

verificação de evidências que revelem anomalias, acompanhamento da degradação do maciço e de seus taludes. Os autores ainda citam monitoramentos do solo subterrâneo, onde são realizados o controle do fluxo de lixiviados e gases.

Estudos realizados por Monte e Santos (2010), verificaram a quantidade de resíduos líquidos gerados pelos resíduos sólidos do Aterro Sanitário Metropolitano Oeste de Caucaia (ASMOC) - Ceará, essa estimativa é de suma importância para a avaliação do sistema de coleta e tratamento dos efluentes gerados na planta do empreendimento, isso possibilita um controle do que poderia adentrar nos lençóis freáticos da região.

Os autores verificaram ainda que em estações chuvosas essa geração de líquidos apresentou um aumento, como pode ser observado no gráfico da Figura 6, também foi visto a influência da compactação do resíduo na vazão dos líquidos, onde houve maior vazão, à medida que a compactação era atenuada.

Figura 6 – Geração mensal de resíduos líquidos



Fonte: MONTE; SANTOS (2010)

Além do monitoramento de líquidos gerados pelos resíduos, é possível fazer o monitoramento de gases que podem ultrapassar a camada de cobertura do empreendimento. No estudo realizado por Monte (2012), em uma célula experimental, no mesmo sítio do aterro sanitário da região metropolitana de Caucaia-Ceará, o autor concluiu que o metano (CH₄), gás comumente gerado pela degradação do lixo, vazava para a atmosfera, além disso essa fuga do gás variava de um ponto para outro e de um turno para outro também.

Existiram pontos em que a concentração de CH₄ pela manhã foi maior que no período da tarde, já em outro ponto acontecia o contrário. Já no estudo de Cavalcante (2021) o monitoramento dos gases permitiu, traçar um perfil de melhores condições de operação para extração do gás metano, para fins comerciais, isso contribuiu para a canalização do gás de forma correta, com o objetivo de evitar perdas desse subproduto para a atmosfera.

CONCLUSÃO

Conclui-se que devido ao crescimento acelerado de muitas cidades que constituem o país, o volume de resíduos tem aumentado consideravelmente. A problemática disso é que cada vez mais a gestão pública precisa aprofundar as técnicas de gerenciamento dos resíduos sólidos, de uma forma que isso proporcione sustentabilidade ambiental.

Nesse sentido, a legislação ambiental contribui para o controle de atividades danosas ao meio ambiente, as quais são praticadas pelo homem. Nesse âmbito, a existência da disposição final inadequada de resíduos, tais como os lixões, sem nenhum monitoramento ambiental, impacta negativamente na preservação do meio ambiente. Por isso é importante que essa destinação final seja

realizada em obras de engenharia, como os aterros sanitários, que funcionam conforme normas pré-estabelecidas, a fim de se evitar danos ao meio ambiente e à saúde pública.

Mesmo assim, a disposição final em aterros sanitários não extingue problemas ambientais que porventura venham a ocorrer nesse sistema. As camadas de cobertura desse tipo de obra de engenharia, se não forem executadas e instaladas com certo zelo, podem servir de caminhos preferenciais a fuga de gases nocivos para a atmosfera, haja vista que esses gases, dentre eles o nitrogênio; metano e gás carbônico são gerados pela degradação do lixo.

Ao invés da existência do aterro sanitário ser uma solução, ele pode se tornar um problema, se não for bem monitorado. Além das questões ambientais, têm-se os problemas relacionados a geotecnia do solo presente no empreendimento, onde a percolação do chorume pode diminuir consideravelmente a estabilidade das camadas existentes no aterro, isso se traduz em possíveis deslizamentos e falhas geotécnicas dentro nas instalações da obra, impactando em riscos de segurança para os operadores.

Por ser um assunto complexo que envolve assuntos ambientais e sociais, a legislação da PNRS enfrenta desafios para tentar manter um bom gerenciamento dos resíduos desde o momento da sua geração até a sua disposição final.

Alguns desses desafios demandam estudos por parte do poder público, a fim de se entender os fatores que corroboram a crescente geração de lixo ao longo dos anos, e alguns desses fatores configuram-se como o desenvolvimento econômico das cidades e novos hábitos de consumo da sociedade atual.

REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 8.419: Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos**. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

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

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2021**. São Paulo: ABRELPE, 2021.

ASSAD, L.; SIQUEIRA, T. “Lixões continuam por toda parte”. **Revista Ciência e Cultura**, vol. 68, n. 2, 2016.

BERTICELLI, R.; PANDOLFO, A.; KORF, E. P. “Gestão integrada de resíduos sólidos urbanos: perspectivas e desafios”. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, vol. 5, n. 2, 2017.

BOSCOV, M. E. G. **Geotecnia Ambiental**. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2008.

BRASIL. **Lei n. 12.305, de 02 de agosto de 2010**. Brasília: Planalto, 2010. Disponível em: <www.planalto.gov.br>. Acesso em: 07/02/2022.

CAMPOS, H. K. T. “Renda e evolução da geração per capita de resíduos sólidos no Brasil”. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, vol. 17, n. 2, 2012.

CARVALHO, N. F. **Logística reversa de embalagens vazias de agrotóxicos e seus impactos sociais e ambientais: uma experiência no município de Baturité-CE** (Dissertação de Mestrado em Gestão Ambiental). Fortaleza: IFCE, 2018.

CATAPRETA, C. A. A. **Comportamento de um aterro sanitário experimental: avaliação da influência do projeto, construção e operação** (Tese de Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos). Belo Horizonte: UFMG, 2008.

CAVALCANTE, C.L.A. **Estudo da composição dos gases de aterro sanitário sob diferentes condições de bombeamento** (Dissertação de Mestrado em Tecnologia e Gestão Ambiental) Fortaleza: IFCE, 2021.

DALL'AGNOL, C. M.; FERNANDES, F. S. “Saúde e auto-cuidado entre catadores de lixo: vivências no trabalho em uma cooperativa de lixo reciclável”. **Revista Latino-Americana de Enfermagem**, vol. 15, 2007.

DANIEL, D. E. **Geotechnical practice for waste disposal**. London: Chapman and Hall, 1993.

DE JESUS, M. R. **Avaliação do potencial de contaminação de lixões na Bahia – Brasil, utilizando parâmetros do meio físico e de Resíduos Sólidos Urbanos – RSU** (Dissertação de Mestrado em Geologia). Salvador: UFBA, 2021.

E-WASTE MONITOR. “The Global E-waste Monitor 2020: Quantities, flows, and the circular economy potential”. **E-Waste Monitor** [2020]. Disponível em: <www.ewastemonitor.info> Acesso em: 20/05/2022.

FRANCESCHET, M. *et al.* “Estudo dos solos utilizados para a impermeabilização da camada de base e de cobertura de aterros sanitários de Santa Catarina”. **Anais do XXVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**. Campo Grande: ABES, 2005.

FREIRE, S. C. **Processo de reciclagem de polímeros (polipropileno e polietileno) em uma indústria do município de Eusébio-CE** (Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Tecnologia em Gestão Ambiental). Fortaleza: IFCE, 2017.

GODECKE, M. V.; NAIME, R. H; FIGUEIREDO, J. A. S. “O consumismo e a geração de resíduos sólidos urbanos no Brasil”. **Revista Eletrônica Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, vol. 8, n. 8, 2012.

GREEN ELETRON. “Quais países produzem mais lixo eletrônico no mundo? Veja como está o Brasil neste ranking”. **Green Eletron** [2021]. Disponível em: <www.greeneletron.org.br>. Acesso em: 15/05/2022.

HOBBS, B. C.; ROBERTS, D. **Toxinfecções e controle higiênico-sanitário de alimentos**. São Paulo: Editora Varela, 1999.

JACOBI, P. R.; BESSEN, G. R. “Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade”. **Revista Estudos Avançados**, vol.25, n. 71, 2011.

LANZA, V. C. V. *et al.* **Caderno técnico de reabilitação de áreas degradadas por resíduos sólidos urbanos**. Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2010.

LEITE, N. D. **Perfil epidemiológico dos catadores de resíduos que trabalham em organizações coletivas de Fortaleza-CE**

(Dissertação de Mestrado em Gestão Ambiental). Fortaleza: IFCE, 2020.

LODI, P. C.; ZORNBERG, J. G.; BUENO, B. de S. “Uma breve visão sobre geossintéticos aplicados a aterros sanitários”. **Revista Tecnologia**, vol. 30, n. 2, 2009.

MARTINS, J. D. D.; RIBEIRO, M. F. “O consumismo como fator preponderante para o aumento da geração de resíduos sólidos e os impactos ambientais e na saúde pública”. **Revista de Direito Econômico e Socioambiental**, vol. 12, n. 1, 2021.

MEDINA, S. T. N. **Valores pessoais, crenças ambientais e comportamento ecológico em órgão público** (Dissertação de Mestrado em Educação). Brasília: UnB, 2008.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Programa Nacional de Capacitação de Gestores Ambientais**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2016.

MONTE, G. O. **Estudo da emissão de gases pela camada de cobertura de um aterro sanitário experimental instalado na região metropolitana de Fortaleza - CE** (Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Gestão Ambiental). Fortaleza: IFCE, 2012.

MONTE, G. O.; SANTOS, G. O. “Estimativa da geração de resíduos líquidos numa célula de um aterro sanitário: estudo de caso”. **Anais do III Simpósio Iberoamericano de Ingeniería de Resíduos**. João Pessoa: REDISA, 2010.

MOTA, S. **Introdução à Engenharia Ambiental**. Rio de Janeiro: Editora ABES, 2003.

PEREIRA, M. C. G. **Luta por reconhecimento e desigualdade social**: uma análise da experiência dos catadores da Asmare em Belo Horizonte (MG) (Dissertação de Mestrado em Administração Pública e Governo). São Paulo: FGV, 2011.

PINHEIRO, Z. B. *et al.* “A Cadeia Produtiva dos Resíduos Sólidos Domiciliares (RSD) de Fortaleza – CE”. **Revista Conexões – Ciência e Tecnologia**, vol. 3, n. 1, 2009.

RAMOS, N. F. *et al.* “Desenvolvimento de ferramenta para diagnóstico ambiental de lixões de resíduos sólidos urbanos no Brasil”. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, vol. 22, n. 6, 2017.

ROTH, C. G.; GARCIAS, C. M. “A influência dos padrões de consumo na geração de resíduos sólidos dentro do sistema urbano”. **Revista Eletrônica Direito e Sociedade**, vol. 13, n. 3, 2008.

RUSSO, M. A. T. **Tratamento de resíduos sólidos** (Tese de Doutorado em Engenharia Agrícola). Coimbra: UC, 2003.

SANTOS, G. O. **Resíduos sólidos domiciliares, ambiente e saúde**: (inter)relações a partir da visão dos trabalhadores do sistema de gerenciamento de resíduos sólidos de Fortaleza/CE. (Dissertação de Mestrado em Saúde Pública). Fortaleza: UFC, 2008.

SANTOS, G. O. **Avaliação do cultivo de gramíneas na superfície de aterro sanitário, com ênfase para a redução da emissão de metano e dióxido de carbono para a atmosfera** (Tese de Doutorado em Engenharia Civil). Fortaleza: UFC, 2012.

SANTOS, G. O.; RIGOTTO, R. M. “Possíveis impactos sobre o ambiente e a saúde humana decorrentes dos lixões inativos de Fortaleza (CE)”. **Revista Saúde e Ambiente**, vol. 9, n. 2, 2008.

SILVA, A. P. P **Situação social de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis que trabalham no centro de Fortaleza - CE** (Dissertação de Mestrado em Gestão Ambiental). Fortaleza: IFCE, 2017.

SILVA, W. K. A. S; TAGLIAFERRO, E. R. “Aterro sanitário -a engenharia na disposição final de resíduos sólidos”. **Brazilian Journal of Development**, vol. 7, n. 2, 2021.

SISINNO, C. L. S. “Disposição em aterros controlados de resíduos sólidos industriais não-inertes: Avaliação dos componentes tóxicos e implicações para o ambiente e para a saúde humana”. **Caderno de Saúde Pública**, vol. 19, n. 2, 2003.

SUTHAR, S.; SINGH, P. “Household solid waste generation and composition in different family size and socio-economic groups: a case study”. **Sustainable Cities and Society**, vol. 14, 2015.

WASSERMANN, A. I. **Processamento e características mecânicas de resíduos plásticos misturados** (Dissertação de Mestrado em Engenharia Química). Porto Alegre: UFRGS, 2006.

CAPÍTULO 4

*Primeira Década de Implementação
da Política Nacional de Resíduos Sólidos
no Brasil: Avaliação Crítica e Holística*

PRIMEIRA DÉCADA DE IMPLEMENTAÇÃO DA POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL: AVALIAÇÃO CRÍTICA E HOLÍSTICA

Marcus Vinícius Carvalho Arantes

A geração de resíduos sólidos configura-se como o produto resultante de diversas atividades desenvolvidas pela humanidade, sendo que ao longo do processo civilizatório observou-se que os resíduos antropogênicos, ou seja, oriundos das atividades humanas, vêm, paulatinamente, aumentando de volume e apresentando expressivas mudanças em suas composições físico-químicas.

Em um primeiro momento no processo civilizatório, os povos denominados como “Caçadores-Coletores” e “Produtores de Alimentos” ou “Agrícola Sedentário” (BALTER, 2007) geravam resíduos sólidos predominantemente ricos em materiais de origem natural, como: remanescentes de alimentos de origem vegetal como casca de frutas, restos de legumes e hortaliças, algodão, fibra de coco, chifres, ossos, dentes, cascos, pele, couro, conchas, escamas, artefatos de caça, etc. (EIGENHEER, 2009; DIAMOND, 2013).

Os resíduos sólidos antropogênicos gerados nesta etapa “Pré-Revolução Industrial”, também caracterizados como resíduos orgânicos, apresentavam, sob o ponto de vista de característica físico-química, uma alta capacidade de biodegradabilidade, além de serem gerados em menores volumes.

No entanto, com a expansão do sistema capitalista, sobretudo com o advento da Revolução Industrial (PEREIRA, 2002; MOREIRA e SENE, 2004), os resíduos sólidos passaram a ser gerados em maior quantidade, além de assumirem características

físico-químicas mais complexas e diversificadas, de origem tanto natural quanto sintética.

Kligerman (2003) e Bauman (2008), salientam que atualmente vivemos em uma “Sociedade de Consumo”, pautada, sobretudo, no aumento da produtividade de bens e serviços e promoção do consumismo.

Esses fenômenos desencadeiam o aumento vertiginoso da geração de resíduos sólidos, elevando, contudo, a necessidade de se instituir o gerenciamento ambientalmente correto e seguro dos diversos resíduos gerados pelas atividades antrópicas.

Até o início da década de 1990 o Brasil carecia de diretrizes gerais compostas por princípios, objetivos, instrumentos e metas que abordassem a temática dos resíduos sólidos, ou seja, não havia no País um marco legal regulatório que estabelecesse diretrizes gerais aplicáveis à gestão de resíduos sólidos.

Diante da necessidade de ser instituir um ordenamento jurídico legal, com a finalidade de orientar os Estados e os Municípios na implementação de procedimentos ambientalmente corretos de gerenciamento de resíduos sólidos.

O Congresso Nacional criou o Projeto de Lei nº 203 de 1991 (BRASIL, 1991), que tramitou por 10 anos no Congresso Nacional (Figura 1) e depois transformou-se na Lei Ordinária 12.305, de 2010 (BRASIL, 2010), instituindo a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).

A consolidação da redação final da PNRS contou com a participação de diversos atores e atrizes sociais como entidades, associações, federações, organizações, caracterizando-se como uma política integrada e articulada ao art. 225 da Constituição Federal

Brasileira (BRASIL, 1988) e às Políticas Nacionais: i) do Meio Ambiente (BRASIL, 1981); ii) de Educação Ambiental (BRASIL, 1999); iii) Saneamento Básico (BRASIL, 2007) alterada pela Lei nº 14.026/20 (BRASIL, 2020).

Figura 1 – Processo de criação da Política Nacional de Resíduos Sólidos



Fonte: Elaboração própria. Baseada em: MMA (2020).

A PNRS emergiu, em 2010, constituída por princípios e instrumentos de gestão ambiental que visaram proporcionar ao Brasil avanços significativos no que tange ao enfrentamento dos principais problemas socioambientais e econômicos decorrentes do

manejo, ambientalmente incorreto, dos resíduos sólidos. O Quadro 1 apresenta os princípios, objetivos e instrumentos ambientais constituintes da PNRS, preconizados pelos arts. 6º, 7º e 8º da Lei 12.305/10 (BRASIL, 2010).

Quadro 1 – Princípios, Objetivos e Instrumentos da PNRS

Art. 6º	Art. 7º	Art. 8º
Princípios	Objetivos	Instrumentos
Desenvolvimento Sustentável	Proteção da saúde pública e da qualidade ambiental	Planos de resíduos sólidos
Prevenção e Precaução	Hierarquia de Resíduos Sólidos	Coleta Seletiva e Logística Reversa
Visão Sistêmica	Produção e consumo sustentáveis	Incentivo à criação e desenvolvimento de cooperativas de material reutilizável e reciclável
Responsabilidade Compartilhada	Incentivo à indústria de reciclagem	Pesquisa científica e tecnológica
Resíduo sólido gerador de trabalho e renda e cidadania	Redução do volume e da periculosidade dos resíduos perigosos	Educação Ambiental
Razoabilidade e Proporcionalidade	Disposição final ambientalmente correta de resíduos sólidos	Monitoramento e a fiscalização ambiental

Fonte: Elaboração própria. Baseada em: BRASIL (2010).

Dentre os princípios da PNRS, é oportuno salientar o reconhecimento do resíduo sólido como material passível de reutilização e reciclagem, insto é, valorização, configurando-se como um bem econômico e de valor social gerador de trabalho e renda e promotor de cidadania.

Esse reconhecimento coaduna-se com o objetivo e instrumento relativo ao incentivo ao desenvolvimento da indústria da reciclagem e cooperativas de resíduos reutilizáveis e recicláveis.

Quanto aos objetivos da PNRS, a “Hierarquia de Resíduos Sólidos” preconiza a seguinte ordem para a gestão e gerenciamento de resíduos sólidos: i) não geração; ii) redução; iii) reutilização; iv) reciclagem; v) tratamento dos resíduos sólidos; e vi) disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

O presente objetivo visa contemplar a proteção da saúde humana e qualidade ambiental, buscando a redução da geração de resíduos sólidos, o incentivo à indústria da reciclagem e a disposição final ambiental correta e segura dos resíduos sólidos.

Figura 2 – Escala de Lansink



Fonte: Elaboração própria. Baseada em: BREE (2005).

A inclusão da Hierarquia de Resíduos Sólidos na PNRS foi inspirada no conceito denominado como Escada de Lansink (Figura 2), cunhado, em 1979, pelo então parlamentar holandês Dr. Gerhardus Wilhelmus Adrianus Josephus Lansink (BREE, 2005).

Tanto a Escada de Lansink, quanto a Hierarquia de Resíduos Sólidos na PNRS, estabelecem uma ordem de prioridade ideal para ser utilizada na elaboração e instituição do instrumento Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS).

Registre-se que ambas são convergentes com outros relevantes conceitos internacionalmente utilizados na atualidade, como o Princípio da Proximidade, Economia Circular e *Zero Waste*.

O Princípio da Proximidade, proveniente do marco legal regulatório da União Europeia Diretiva 2008/98 (UNIÃO EUROPEIA, 2008), preconiza que os resíduos sólidos devem ser eliminados o mais próximo possível de sua fonte geradora, evitando, contudo, o chamado “turismo de resíduos”.

Princípio da Proximidade busca, essencialmente, incentivar a adoção de procedimentos de destinação e disposição final de resíduos, ambientalmente seguros e sustentáveis, evitando o transporte destes materiais a longa distância (ARAGÃO, 2003), coadunando-se, contudo, com os princípios de Desenvolvimento Sustentável, Prevenção, Precaução, Visão Sistêmica e Responsabilidade Compartilhada presentes na PNRS.

A Economia Circular, ilustrada na Figura 3, consiste em um conceito baseado em princípios como a minimização da geração de resíduos desde a extração de matéria-prima até o instante de pós consumo, além da promoção da valorização dos resíduos sólidos por meio da reutilização e reciclagem (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2020; ONU, 2020).

Figura 3 – Economia Circular



Fonte: UNIDO (2020).

Já o conceito do *Zero Waste* consiste em uma meta ética que busca a promoção de princípios como os 3R's (redução, reutilização e reciclagem), a valorização de resíduos e a Prevenção e Precaução.

Estes princípios visam diminuir a geração e disposição de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) reutilizáveis e recicláveis em aterros sanitários, além da não adoção do processo de incineração desses grupos de resíduos sólidos, havendo uma hierarquia estabelecida para as ações, conforme apresenta a Figura 4 (ZWIA, 2018).

Figura 4 – Hierarquia do Zero Waste

Fonte: ZWIA (2020).

Ainda sobre a PNRS, o art. 8º traz consigo os instrumentos, ou seja, ditames normativos criados com o fim de abarcar e cumprir os princípios e objetivos contemplados nos arts. 6º e 7º. O Quadro 2, apresentado mais adiante, compila os principais instrumentos presentes na PNRS.

Em suma, esse estudo tem o objetivo de estabelecer uma avaliação crítica acerca dos 10 anos de implementação da PNRS, verificando as ações dos gestores públicos voltadas ao cumprimento dos objetivos e instrumentos desta Política.

A motivação desta pesquisa consiste em apresentar a compilação de estatísticas e dados acerca do panorama atual da gestão de resíduos sólidos no Brasil, em análise crítica sobre o grau

de cumprimento dos objetivos e implementação dos instrumentos desta Política ao longo desse período.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

No âmbito nacional, apesar de inúmeros esforços dos diversos segmentos da sociedade brasileira, a gestão de resíduos sólidos no País ainda é um tema que gera muitos desafios para a sociedade civil, para gestores públicos e para profissionais de diversas áreas e empresas.

A realidade é preocupante, haja vista que os resíduos sólidos ainda são dispostos ou lançados de forma incorreta no ambiente, colocando em risco a saúde humana e o ecossistema. Segundo a PNRS os resíduos sólidos podem ser classificados de acordo com a sua origem e ou periculosidade (Quadro 2).

Quadro 2 - Classificação de resíduos sólidos

Origem	Periculosidade
Domiciliares	Não perigosos
Limpeza urbana	
Sólidos Urbanos	
Estabelecimentos Comerciais	
Serviços Públicos de Saneamento Básico	Perigosos
Industriais	
Serviços de Saúde	
Construção Civil	
Agrossilvopastoris	
Serviços de Transportes	
Mineração	

Fonte: Elaboração própria. Baseada em: BRASIL (2010).

Por meio do Quadro 2 observa-se que os resíduos sólidos gerados por meio de atividades antrópicas detêm uma série de fontes de geração, sendo que a presente pesquisa objetivou estudar o panorama de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) nos últimos 10 anos.

De acordo com o art. 13º da PNRS os RSU são de origem domiciliar, sendo gerados em residências e ou limpeza pública, oriundos de varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços (BRASIL, 2010).

Segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais - Abrelpe (2021), os RSU gerados no Brasil representam 40% do total gerado na região da América Latina. Os Quadros 3 e 4 apresentam a quantidade média *per capita*/dia de RSU coletados nos anos de 2010 e 2020, de acordo com as estatísticas do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) e da Abrelpe.

Quadro 3 – Quantidade média de RSU (SNIS)

Ano	Quantidade média coletada (kg./hab./dia)
2010	0,93
2020	1,07

Fonte: ABRELPE (2010 e 2021); SNIR (2021).

Quadro 4 - Quantidade média de RSU (Abrelpe)

Ano	Quantidade média coletada (kg./hab./dia)	Equivalente (mi./ton./ano)
2010	1,03	61
2020	1,07	82

Fonte: ABRELPE (2010 e 2021); SNIR (2021).

Por meio dos Quadros 3 e 4 observa-se, desde 2010, o aumento gradual da geração de RSU no Brasil, configurando-se como um fator preocupante, ainda mais quando se estabelece um comparativo entre a América Latina que, por sua vez, gera o total de 514 milhões de toneladas dia, com previsão para chegar a 670 milhões de toneladas/dia em 2050. Deste total, o Brasil é responsável pela geração de 40% de RSU (ONU, 2018).

Ainda sobre a América Latina, estima-se que este continente dispõe incorretamente no ambiente 30% de seus RSU (ONU, 2018), enquanto o Brasil ainda dispõe aproximadamente 40% de seus RSU em locais inadequados como aterros controlados e lixões (ABRELPE, 2021).

Esse Panorama nacional, assim como outros dados alarmantes que serão expostos subsequentemente, atesta que, embora tenha passado uma década desde a implementação da PNRS, o Brasil ainda se defronta com uma série de desafios relativos à gestão e gerenciamento adequados de seus RSU.

OBJETIVO

Esse estudo tem o objetivo de estabelecer uma avaliação crítica e holística acerca da primeira década de implantação da PNRS, verificando as ações dos gestores públicos voltadas ao cumprimento dos objetivos e instrumentos desta Política.

A motivação desta pesquisa consiste em apresentar a compilação de estatísticas e dados acerca do panorama atual da gestão de resíduos sólidos no Brasil, em análise crítica sobre o grau de cumprimento dos objetivos e implementação dos instrumentos desta Política ao longo desse período.

MÉTODO

Para o desenvolvimento desse estudo, classificado como exploratório, foi realizado o levantamento de documentos com estatísticas e indicadores socioambientais e econômicos relativos à implementação dos objetivos e instrumentos constituintes da PNRs, a partir de 2010.

Nesse sentido, realizou-se na presente pesquisa uma coleta de dados quantitativos e qualitativos com o objetivo de avaliar criticamente a implementação das metas relativas aos principais instrumentos da referida Lei, como: i) Disposição final ambientalmente correta e segura de resíduos sólidos; ii) Coleta Seletiva; iii) Incentivo ao desenvolvimento de cooperativas de material reutilizável e reciclável; e iv) Educação Ambiental.

Os dados estatísticos e indicadores foram extraídos de bases de dados disponíveis no Ministério do Meio Ambiente (MMA), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), e da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (Abrelpe).

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Este item apresenta o panorama atual de implementação dos principais instrumentos da PNRs, buscando avaliar os principais indicadores e dados estatísticos acerca do *status* atual da: i) Disposição final ambientalmente correta de resíduos sólidos; ii) Coleta Seletiva; iii) Incentivo ao desenvolvimento de cooperativas de material reutilizável e reciclável; iv) Educação Ambiental.

Disposição final de RSU

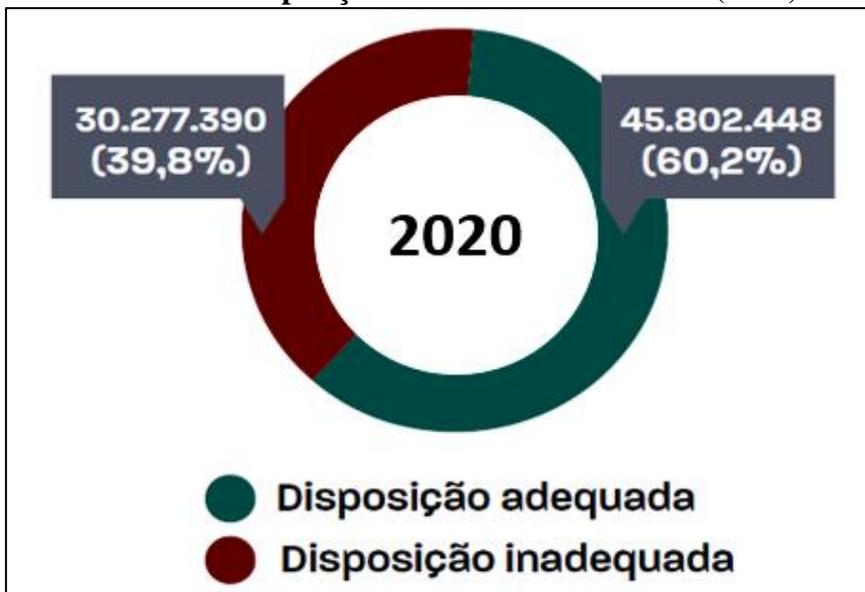
A gestão ambientalmente incorreta de resíduos sólidos nos municípios brasileiros vem causando preocupações não só ao poder público, mas à sociedade, visto que o risco de contaminação ambiental e disseminação de problemas de saúde humana que a disposição inadequada desses resíduos ocasiona é iminente (GIRELLI; MAGRO, 2017).

Em 2010, a Lei 12.305/10 (BRASIL, 2010) estabeleceu, em seu art. 54º, o prazo máximo de quatro anos, ou seja, até 2014, para a implementação da disposição final ambiental correta de todos os resíduos sólidos gerados em território nacional. Entretanto, considerando que o previsto na legislação não ocorreu, a Lei federal nº 14.026/20 (BRASIL, 2010) reestabeleceu os seguintes novos prazos para a adequação da disposição final ambiental corretas dos resíduos sólidos:

- I. Até 2 de agosto de 2021, para capitais de Estados e Municípios integrantes de Região Metropolitana (RM) ou de Região Integrada de Desenvolvimento (Ride) de capitais;
- II. Até 2 de agosto de 2022, para Municípios com população superior a 100.000 (cem mil) habitantes no Censo 2010, bem como para Municípios cuja mancha urbana da sede municipal esteja situada a menos de 20 (vinte) quilômetros da fronteira com países limítrofes;
- III. Até 2 de agosto de 2023, para Municípios com população entre 50.000 (cinquenta mil) e 100.000 (cem mil) habitantes no Censo 2010;
- IV. Até 2 de agosto de 2024, para Municípios com população inferior a 50.000 (cinquenta mil) habitantes no Censo 2010.

Essa procrastinação dos prazos poderá acarretar o agravamento do atual e alarmante cenário de disposição final de RSU no Brasil, conforme apontado no Gráfico 1 (ABRELPE, 2021).

Gráfico 1 – Disposição Final de RSU no Brasil (2020)



Fonte: ABRELPE (2021).

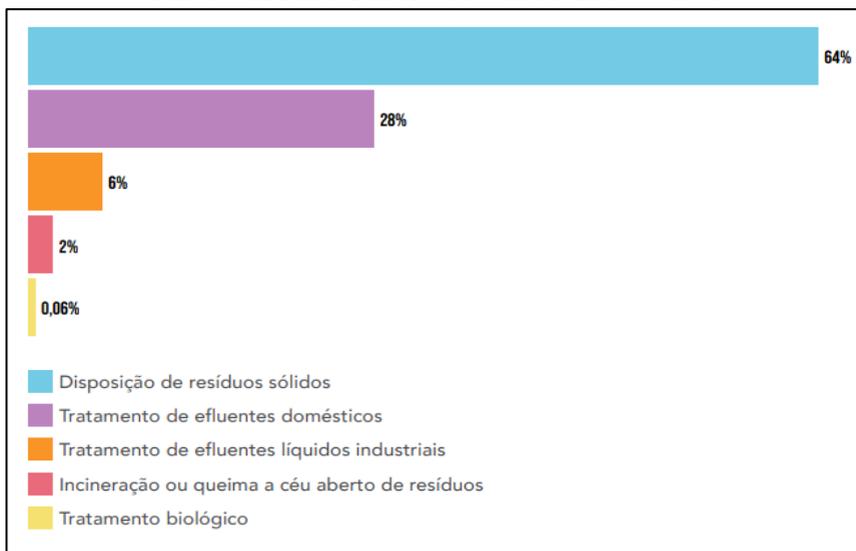
Observa-se no Gráfico 1 que o Brasil ainda dispõe incorreta e aproximadamente 40% dos seus RSU, representando, segundo Abrelpe (2021), o descarte indevido desse volume de resíduos sólidos em aproximadamente 3 mil lixões.

A disposição final ambientalmente incorreta de RSU no ambiente traz efeitos deletérios à saúde de mais de 76 milhões de pessoas, gerando um dispêndio financeiro anual ao Sistema Único de Saúde (SUS) de aproximadamente R\$ 7 bilhões.

No que tange ao ambiente, o descarte inadequado deflagra uma série de impactos negativos à flora e fauna que habitam a biosfera terrestre: Emissão de gases de efeito estufa (GEE); Contaminação do solo e corpos hídricos superficiais e subterrâneos (aquíferos) por meio da contaminação do chorume, resultante da decomposição dos RSU; Proliferação de agentes vetores de doença; e geração de odores.

De acordo com o estudo desenvolvido pelo Servideo (2019) a existência de lixões e a queima irregular de resíduos sólidos no Brasil são ações antrópicas responsáveis pela emissão anual de aproximadamente 6 milhões de toneladas de gases de efeito estufa, equivalente ao movimento anual de uma frota superior a 130 mil carros (SERVIDEO, 2019).

Gráfico 2 – Distribuição das emissões do setor de resíduos em 2020



Fonte: SEEG (2021).

Segundo SEEG (2021), em 2020, o setor de resíduos foi responsável pela emissão de aproximadamente 92 milhões de toneladas do GEE CO₂.

Conforme aponta o Gráfico 2, deste total, 64% de emissão está vinculada à disposição final inadequada de resíduos sólidos, sendo o metano (CH₄) e o dióxido de carbono (CO₂) os principais GEE emitidos em regiões metropolitanas.

Diante do exposto pode-se constatar que a disposição final incorreta de RSU afronta, peremptoriamente, os respectivos princípios e objetivos da PNRS, como Prevenção e Precaução e os objetivos de Proteção da saúde humana e da qualidade ambiental.

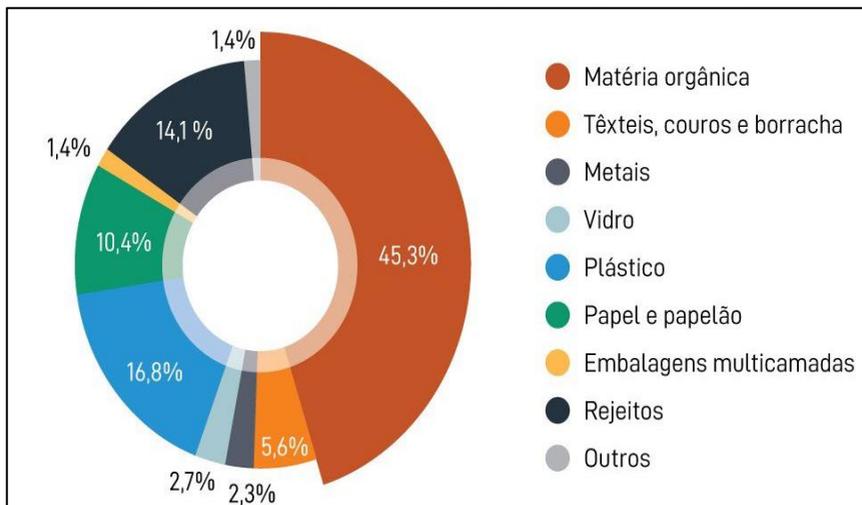
Em suma, é imprescindível a implementação de políticas públicas e projetos em parcerias com entidades privadas voltadas para a extinção de lixões, passando a adotar a valorização de resíduos sólidos e meios ambientalmente corretos de destinação e de disposição final desses resíduos sólidos.

Coleta Seletiva

De acordo com o gráfico 3, ao qual ilustra acerca da Composição Gravimétrica dos RSU no Brasil em 2021, é possível afirmar que o país gera uma grande quantidade de resíduos sólidos passíveis à reutilização e reciclagem.

Observa-se que aproximadamente 50% dos RSU são compostos por materiais orgânicos, no entanto, apenas 1% desse volume é submetido ao processo de reciclagem, como por exemplo compostagem (ABRELPE, 2021). Já os resíduos recicláveis tipificados como convencionais, como papel, vidro, metal e plástico, representam aproximadamente 32% do total de RSU.

Gráfico 3 – Composição Gravimétrica dos RSU no Brasil - Ano 2021



Fonte: ABRELPE (2021).

A composição gravimétrica dos RSU brasileiros corrobora o alto potencial de se estabelecer políticas de coletas seletivas tanto do resíduo orgânico quanto do reciclável convencional. Segundo Silva (2017) um estudo publicado pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), em janeiro de 2017, avalia o potencial de reaproveitamento e reciclagem em 30% a 40% do volume total de RSU.

Embora a PNRS tenha preconizado a importância da promoção do instrumento de Coleta Seletiva em políticas públicas e o reconhecimento do resíduo sólido passível de reutilização e reciclagem como um bem econômico de valor social gerador de trabalho e renda e promotor de cidadania, observou-se, ao longo dos

últimos 10 anos, uma exígua evolução das taxas de reciclagem de RSU no Brasil.

De acordo com Servideo (2020), Tabela 1, o Brasil recicla menos de 4% do total de seus RSU convencionais passíveis de reutilização e reciclagem, gerando uma perda anual de R\$ 14 bilhões e um desperdício de aproximadamente 12 milhões de ton./ano de material passível de reutilização e reciclagem.

Tabela 1 – Índice de reciclagem de RSU no Brasil (%)

Regiões	Cobertura do Serviço	Reciclagem
Norte	67	1,12
Nordeste	66	0,41
Centro-Oeste	79	2,01
Sudeste	85	4,03
Sul	73	7,66
Brasil	76	3,85

Fonte: PWCBrasil (2018).

O baixo índice de reciclagem de RSU no Brasil representa perda anual de R\$ 14 bilhões e um desperdício de aproximadamente 12 milhões de ton./ano de material passível de reutilização e reciclagem (ABRELPE, 2021).

Incentivo ao desenvolvimento de cooperativas de material reutilizável e reciclável

Embora o incentivo ao desenvolvimento de cooperativas de material reutilizável e reciclável esteja contemplado como importante meta da PNRS, constata-se poucas ações de políticas públicas voltadas aos catadores de material reutilizável e reciclável.

O trabalho de catador as) de material reciclável existem informalmente, no Brasil, desde a década de 1950, no entanto, somente em 2002 passou a ser reconhecido como ocupação. Segundo dados do Movimento Nacional do Catadores de Materiais Recicláveis (2019), calcula-se que mais de 800 mil trabalhadores sobrevivam desta atividade no País, sendo responsável pela coleta de 90% de tudo que é reciclado atualmente (MNRC, 2019).

O trabalho com resíduos sólidos passíveis de reciclagem expõe o trabalhador a inúmeros riscos ocupacionais diariamente. De acordo com a NR 15, Portaria MTb n. ° 3.214, de 08 de junho de 1978 (MTb, 1978), o trabalho com resíduos sólidos realizado pelos catadores é classificado como Insalubre de grau máximo, o que remete à preocupação no que tange a saúde e segurança do trabalho.

O Anuário da Reciclagem (ANCAT, 2018) elenca uma série de impactos positivos que os programas de coleta seletiva desencadeiam nas esferas social, ambiental e econômica: Minimização da exploração de recursos naturais e serviços ecossistêmicos; Redução da poluição do ar, solo e água; Redução dos custos com a produção; Geração de renda; Inclusão social; e Aumento da vida útil dos aterros sanitários.

Quanto às políticas públicas voltadas ao incentivo às cooperativas de material reciclável, observou-se uma tênue tentativa por meio da Lei 14.260/21 (BRASIL, 2021-A). A referida Lei visou

estabelecer incentivos à indústria da reciclagem, criando o Fundo de Apoio para Ações Voltadas à Reciclagem (Favorecycle) e Fundos de Investimentos para Projetos de Reciclagem (ProRecycle).

No entanto, observou-se que os vetos (BRASIL, 2021-B) aos incisos do art. 3º obstaculizaram potenciais iniciativas de incentivo às cooperativas de material reciclável. O art. 3º da Lei 14.260/21 preconizara o seguinte texto original que foram vetados:

Art. 3º Com o objetivo de incentivar as indústrias e as entidades dedicadas à reutilização, ao tratamento e à reciclagem de resíduos sólidos produzidos no território nacional, nos 5 (cinco) anos seguintes ao início da produção de efeitos desta Lei, a União facultará às pessoas físicas e jurídicas tributadas com base no lucro real a opção pela dedução de parte do imposto de renda em virtude do apoio direto a projetos previamente aprovados pelo Ministério do Meio Ambiente direcionados a:

- I. Capacitação, formação E assessoria técnica, inclusive para a promoção de intercâmbios, nacionais e internacionais, para as áreas escolar/acadêmica, empresarial, associações comunitárias e organizações sociais que explicitem como seu objeto a promoção, o desenvolvimento, a execução ou o fomento de atividades de reciclagem ou de reuso de materiais;
- II. Incubação de microempresas, de pequenas empresas, de cooperativas e de empreendimentos sociais solidários que atuem em atividades de reciclagem;
- III. Pesquisas e estudos para subsidiar ações que envolvam a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos;

- IV. Implantação e adaptação de infraestrutura física de microempresas, de pequenas empresas, de indústrias, de cooperativas e de associações de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis;
- V. Aquisição de equipamentos e de veículos para a coleta seletiva, a reutilização, o beneficiamento, o tratamento e a reciclagem de materiais pelas indústrias, pelas microempresas, pelas pequenas empresas, pelas cooperativas e pelas associações de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis;
- VI. Organização de redes de comercialização e de cadeias produtivas, e apoio a essas redes, integradas por microempresas, pequenas empresas, cooperativas e associações de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis;
- VII. Fortalecimento da participação dos catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis nas cadeias de reciclagem; e
- VIII. Desenvolvimento de novas tecnologias para agregar valor ao trabalho de coleta de materiais reutilizáveis e recicláveis.

Observa-se que os incisos vetados IV, V, VI, VII e VIII poderiam ensejar uma série de iniciativas, cujos objetivos consistiriam em fortalecer a cadeia produtiva da reciclagem de resíduos sólidos no Brasil, reconhecendo o protagonismo das cooperativas de reciclagem em todo o ciclo.

Educação Ambiental

A Educação Ambiental, instrumento constituinte da PNRS, configura-se, conforme a Política Nacional Educação Ambiental (PNEA) (BRASIL, 1999) 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).

A PNEA ilustra que a Educação Ambiental pode ser entendida em duas modalidades pedagógicas, Formal e Não Formal. A Educação Ambiental Formal caracteriza-se como aquela desenvolvida no âmbito dos currículos das instituições de ensino públicas e privadas, englobando:

I - Educação básica:

- a) educação infantil;
- b) ensino fundamental e
- c) ensino médio;

II - Educação superior;

III - Educação especial;

IV - Educação profissional;

V - Educação de jovens e adultos.

Já a Educação Ambiental Não Formal configura-se:

Como 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 (BRASIL, 1999).

A conscientização ambiental promovida pela Educação Ambiental é fundamental no processo de estruturação de programas de gerenciamento de resíduos sólidos, pois possibilita que o indivíduo reconheça sua responsabilidade compartilhada em todo o processo de gerenciamento, ambientalmente correto, de seus resíduos sólidos (REIGOTA, 2010).

A Educação Ambiental voltada ao gerenciamento de RSU pode se configurar como instrumento pedagógico indutor de transformações de ações e mudanças de paradigma, difundindo princípios ambientais e objetivos da PNRS suscitados no Quadro 1, além de promover novos paradigmas culturais como o Consumo Sustentável (MMA, 2005), a Economia Circular e o *Zero Waste*.

Entretanto, observa-se que o Brasil ainda precisa avançar bastante na difusão de programas de Educação Ambiental indutoras da não geração, a redução, a reutilização e a reciclagem de resíduos sólidos, levando-se em consideração que o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2020), não detém nenhuma meta específica para a promoção de programas de Educação Ambiental no território nacional.

Segundo Alencar, Barbosa e Barbosa (2015) a Educação Ambiental, em instituições de ensino, ainda não é ministrada em sala de aula como um tema interdisciplinar e transversal, conforme preconiza a Política Nacional de Educação Ambiental (BRASIL, 1999). Esse fator suscita a importância de se discutir a necessidade

de se investir, cada vez mais, na difusão desse importante instrumento da PNRS nos diversos estratos da sociedade.

Vale registrar que, na atualidade, já se trabalha e se propaga a Educação para a Sustentabilidade de não somente a Ambiental, uma vez que agrega a dimensão social também.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste estudo consistiu em analisar criticamente a implementação dos objetivos e instrumentos da Lei Federal brasileira de nº. 12.305/2010 para avaliação da situação uma década após a sua publicação.

Constatou-se a necessidade de investimento e de efetivas políticas públicas voltadas à cadeia produtiva da reciclagem e extinção de lixões, vazadouros e aterros controlados no Brasil, seguindo a tendência internacional. Estas ações, além de estar em consonância com os ditames legais da PNRS, reduzia significativamente a emissão de GEE.

Quanto ao incentivo à indústria da reciclagem, sobretudo às cooperativas de reciclagem, observou-se, ao longo da primeira década da PNRS, um escasso e exíguo investimento de políticas públicas neste setor, contribuindo, negativamente, com a continuidade da informalidade deste nicho de trabalho. Logo, é imprescindível o investimento de políticas públicas voltadas a este setor, propiciando inclusão de renda e cidadania dos agentes ambientais envolvidos.

O cumprimento de diversos objetivos e instrumentos da PNRS perpassa pela implementação da Educação Ambiental, voltada à conscientização de cidadãos e cidadãs, consumidores e gestores acerca da necessidade de Economia Circular no sentido de

Zero Waste, o que evitaria não só o problema do descarte feito de modo incorreto, como reduziria drasticamente a disposição final em aterros sanitários, evitando-se a incineração, sempre que possível.

O investimento em Educação Ambiental, tanto formal como não formal, promoveria a difusão de importantes Princípios ambientais na formação cidadã do indivíduo, como: Proximidade, Prevenção Precaução, Responsabilidade Compartilhada, Valorização de Resíduos etc.

A redução do consumo e a valorização dos resíduos, que por sua vez não devem mais ser considerados lixo, pode contribuir para a prática de reutilização e reciclagem desses materiais com valor econômico e social, gerando trabalho e renda e reduzindo problemas de saúde humana.

REFERÊNCIAS

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2010**. São Paulo: ABRELPE, 2010.

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2021**. São Paulo: ABRELPE, 2021.

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Dados institucionais**. São Paulo: ABRELPE, 2021.

ALENCAR, L. D.; BARBOSA, M. F. N.; BARBOSA, E. M. "Problemáticas da Educação Ambiental no Brasil: elementos para a

reflexão". **Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, vol. 32, n. 2, 2015

ANCAT - Associação Nacional dos Catadores e Catadoras de Materiais Recicláveis. **Anuário da Reciclagem 2017-18**. São Paulo: ANCAT, 2018.

ARAGÃO, M. A. S. **Direito dos Resíduos**. Lisboa: Editora Almedina, 2003.

BALTER, M. "Seeking Agriculture's Ancient Roots". **Science**, vol. 316, 2007.

BAUMAN, Z. **Vida para consumo**: a transformação das pessoas em mercadorias. Rio de Janeiro: Editora Zahar, 2008.

BERNARDES, J. A.; FERREIRA, F. P. M. Sociedade e Natureza. *In*: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (orgs). **A questão ambiental**: diferentes abordagens. Rio de Janeiro: Editora Bertrand, 2003.

BRASIL. **Cidades Sustentáveis**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2010. Disponível em: <www.mma.gov.br>. Acesso em: 02/03/2020.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília: Planalto, 1988. Disponível em: <www.planalto.gov.br>. Acesso em: 20/03/2022.

BRASIL. **Consumo Sustentável**: Manual de educação. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005.

BRASIL. **Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos, 2010**. Brasília: Ministério das Cidades, 2012.

BRASIL. Diagnóstico Temático: Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos – 2020. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Regional, 2021.

BRASIL. Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981. Brasília: Planalto, 1981. Disponível em: <www.planalto.gov.br>. Acesso em: 20/03/2022.

BRASIL. Lei n. 9.795, de 27 de abril de 1999. Brasília: Planalto, 1999. Disponível em: <www.planalto.gov.br>. Acesso em: 20/03/2022.

BRASIL. Lei n. 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Brasília: Planalto, 2007. Disponível em: <www.planalto.gov.br>. Acesso em: 20/03/2022.

BRASIL. Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010. Brasília: Planalto, 2010. Disponível em: <www.planalto.gov.br>. Acesso em: 20/03/2022.

BRASIL. Lei n. 14.026, de 15 de julho de 2020. Brasília: Planalto, 2020. Disponível em: <www.planalto.gov.br>. Acesso em: 20/03/2022.

BRASIL. Lei n. 14.260, de 8 de dezembro de 2021. Brasília: Planalto, 2021a. Disponível em: <www.planalto.gov.br>. Acesso em: 20/03/2022.

BRASIL. Lei n. 14.260, de 8 de dezembro de 2021. Brasília: Planalto, 2021b. Disponível em: <www.planalto.gov.br>. Acesso em: 20/03/2022.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Norma Regulamentadora n. 15 – Atividades e Operações Insalubres.

Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 1978. Disponível em: <www.mte.gov.br>. Acesso em: 20/03/2022.

BRASIL. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos** - Consulta Pública. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2020. Disponível em: <www.mma.gov.br>. Acesso em: 02/03/2020.

BRASIL. **Projeto de Lei n. 203, de 1991**. Brasília: Planalto, 1991. Disponível em: <www.senado.leg.br>. Acesso em: 20/03/2022.

BREE, M. A. **Waste and Innovation**: How companies and government can interact to stimulate innovation in the Dutch waste industry (Master's Thesis in Business Administration). Delft: TU Delft, 2005.

DIAMOND, J. **Armas, germes e aço**: Os destinos das sociedades. Rio de Janeiro: Editora Record, 2013.

EIGENHEER, E. M. **A História do Lixo**: A limpeza urbana através dos tempos. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2009.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. "Concept of Circular Economy". **Ellen Macarthur Foundation** [2020]. Disponível em: <www.ellenmacarthurfoundation.org>. Acesso em: 05/06/2022.

GIRELLI, S.; PIT DAL MAGRO, M. "Saúde do trabalhador e economia solidária: estudo de uma cooperativa de construção civil". **Revista de Psicologia**, vol. 29, n. 1, 2017.

KLIGERMAN, D. C. "A era do desperdício X A era do Desperdício". In: SISINNO, C. L. S.; OLIVEIRA, R. M. (orgs.). **Resíduos Sólidos, Ambiente e Saúde**: uma visão multidisciplinar. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2003.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Composição Gravimétrica dos RSU no Brasil**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2020. Disponível em: <www.mma.gov.br>. Acesso em: 02/03/2020

MNRC - Movimento Nacional dos Catadores de Materiais Recicláveis. "Quantos Catadores existem em atividade no Brasil?" **MNRC** [01/02/2017]. Disponível em: <www.mnrc.org.br>. Acesso em: 05/03/2020.

MOREIRA, J. C.; SENE, E. **Geografia Geral e do Brasil** – espaço geográfico e globalização. São Paulo: Editora Scipione, 2004.

ONU - Organização das Nações Unidas. **Organização do Desenvolvimento Industrial 2020**. Vienna: ONU, 2020.

ONU - Organização das Nações Unidas. **Panorama da gestão de resíduos na América Latina e no Caribe**. Cidade de Panamá: ONU, 2018.

PEREIRA, R. S. **Desenvolvimento sustentável como responsabilidade social das empresas**: um enfoque ambiental. São Paulo: Editora Lorosae, 2002.

REIGOTA, M. A "Educação Ambiental frente aos desafios apresentados pelos discursos contemporâneos sobre a natureza". **Educação e Pesquisa**, vol. 36, n. 2, 2010.

SEEG - Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa. "Análise das emissões brasileiras de Gases de Efeito Estufa e suas implicações para as metas climáticas do Brasil". **SEEG** [2022]. Disponível em: <www.seeg.eco.br>. Acesso em: 26 jun. 2022.

SERVIDEO, F. A. *et al.* (orgs.). **Índice de Sustentabilidade da Limpeza Urbana**. São Paulo: PwC/SELURB, 2019.

SERVIDEO, F. A. *et al.* (orgs.). **Índice de Sustentabilidade de Limpeza Urbana**. São Paulo: PwC/SELURB, 2019.

SILPA, K.; LISA, Y.; PERINAZ, B. T.; FRANK, V. W. **What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050**. Washington: World Bank, 2018.

SILVA, S. P. **A organização coletiva de catadores de material reciclável no Brasil: dilemas e potencialidades sob a ótica da economia solidária**. Rio de Janeiro: Ipea, 2017.

SOARES, D, L. C. **Análise dos riscos ocupacionais e acidentes de trabalho em catadores de resíduos sólidos em cooperativa de Ceilândia-DF** (Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Saúde Coletiva). Cinelândia: UnB, 2014.

UE - União Europeia. **Diretiva 2008/98/CE, de 19 de novembro de 2008**. Bruxelas: EU, 2008.

UNIDO – United Nations Industrial Development Organization. **Circular Economy**. Vienna: UNIDO, 2020.

CAPÍTULO 5

*Melhorias ao processo de logística reversa à luz da
PNRS: estudo de caso em uma cooperativa de catadores*

MELHORIAS AO PROCESSO DE LOGÍSTICA REVERSA À LUZ DA PNRS: ESTUDO DE CASO EM UMA COOPERATIVA DE CATADORES

Fabiana dos Reis de Carvalho

Hailton Barreto Morais

André Cristiano Silva Melo

Denilson Ricardo de Lucena Nunes

Verônica de Menezes Nascimento Nagata

Antonio Erlindo Braga Junior

O crescimento das cidades brasileiras não aconteceu de forma planejada, o que impactou na infraestrutura de serviços urbanos, como o sistema de gestão dos resíduos sólidos (FERRI; CHAVES; RIBEIRO, 2015).

Desse modo, registrou-se uma crescente demanda, que impõe aos governantes o desafio de conciliar desenvolvimento econômico e populacional com sustentabilidade ambiental (TOMAZ; RAMOS, 2014). Tais desafios podem ser observados no manejo dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), sendo considerado um dos grandes gargalos enfrentados pelas administrações públicas (NEVES; CASTRO, 2013).

A chegada da Lei nº 12.305/2010 que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e sua integração à Política Nacional de Meio Ambiente e à Política de Saneamento Básico, completou o arcabouço regulatório necessário para propiciar o desenvolvimento da gestão de resíduos no Brasil e implicou em mudanças nos sistemas adotados (ABRELPE, 2010).

A PNRS reconhece o resíduo reutilizável e reciclável como bem econômico, de valor social, gerador de trabalho, renda e promotor de cidadania. Além disso, instituiu a Coleta Seletiva (CS) e a Logística Reversa (LR) como instrumentos de gestão sustentável (BRASIL, 2010).

De acordo com Fonseca *et al.* (2017), a gestão dos RSU deve se apoiar em processos de LR, uma estratégia para melhorias na movimentação e controle do fluxo reverso desses resíduos provenientes da Logística Direta. Tais autores enfatizam que a preocupação com LR para gestão de RSU é relativamente recente e os estudos sobre o tema ainda estão em desenvolvimento.

Segundo ABRELPE (2019), a geração de RSU no Brasil revela um total de 79 milhões de toneladas, em 2018, tendo um aumento de pouco menos de 1% em relação a 2017. Já o montante coletado em 2018 foi de 72,7 milhões de toneladas, revelando um índice de cobertura de 92%, porém 6,3 milhões de toneladas ficaram sem coleta e tiveram destino inadequado.

No município de Ananindeua-PA, a quantidade de RS produzida diariamente por habitante chega a números alarmantes, sendo responsável pela geração de 1,8 t/dia das 7.067 t/dia geradas no Pará, em 2015, segundo a Secretaria Municipal de Saneamento (SECRETARIA MUNICIPAL DE SANEAMENTO, 2015).

Em uma sociedade onde há grandes desigualdades de renda, os resíduos têm sido o sustento de pessoas marginalizadas pela economia, os profissionais catadores de materiais recicláveis e reutilizáveis, aqui chamados catadores. Segundo Fonseca *et al.* (2015), o reconhecimento social deveria ser mais presente, já que a PNRS prevê a valorização dos envolvidos no reuso e reciclagem de resíduos, incentivando a criação de cooperativas.

Dessa forma, essa pesquisa justificou-se também em termos de sustentabilidade, já que seus resultados podem gerar benefícios sociais, com ações em comunidades ligadas a coleta e reciclagem de resíduos; ambientais, com maior e melhor destinação de resíduos, minimizando despejo em locais inadequados; e econômicos, já que tais atividades têm se tornado fonte de renda às comunidades que executam a CS.

Além disso, Streit (2013), define que, para administração pública, há relevância nestes estudos, à medida que, de maneira científica, consolidam-se dados sociais, auxiliando o melhor entendimento da Responsabilidade Compartilhada que busca a PNRS, além de relacionar temas que transcorrem em áreas de Administração e Engenharia de Produção, acrescentando novas discussões sobre CS, LR e PNRS.

Portanto, a pesquisa foi motivada pela seguinte questão: há melhorias nos processos de LR e CS empreendidos por cooperativas de catadores que possibilitem a expansão de suas atividades, tendo em vista a PNRS? Objetivou-se, portanto, propor melhorias ao processo de LR associado à CS em uma cooperativa de catadores atuante em Ananindeua-PA, considerando a PNRS e peculiaridades operacionais, à manutenção do equilíbrio econômico, social e ambiental.

Este capítulo está composto pelas seguintes seções, além desta Introdução: na seção 2 a Fundamentação teórica, quais sejam: a PNRS, a Logística Reversa, a Coleta Seletiva e o Mapeamento de Processo. Na seção 3 o método de pesquisa, detalhando a coleta e ferramenta de análise de dados. Na seção 4 a apresentação e discussão dos resultados. E na seção 5 as conclusões, limitações e sugestões de continuidade da pesquisa.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Política nacional de resíduos sólidos (PNRS)

A PNRS busca estimular hábitos de consumo sustentável e propõe um conjunto de instrumentos para incentivar a reciclagem e reutilização dos RS, sendo um dos objetivos dessa Lei a integração dos catadores. Por outro lado, ela também trouxe incertezas e desafios ao futuro dessa categoria (FONSECA *et al.*, 2017; STREIT, 2013).

O Brasil apresenta uma das legislações ambientais mais modernas e teoricamente rigorosas do mundo, entretanto o desafio de cumprimento do prazo de erradicação dos lixões a céu aberto existentes no Brasil ainda perdura.

Esse assunto tem sido debatido em diferentes fóruns de discussões pelo país, onde legisladores, órgãos governamentais, grupos empresariais e outros grupos interessados estabelecem metas arrojadas, a fim de solucionar o problema.

Sendo assim, a PNRS deve ser usada como disciplinadora da conduta de agentes públicos e privados, bem como a ferramenta estipuladora de prazo à conclusão dos seus objetivos (FILHO, 2014; TEODÓSIO; DIAS; SANTOS, 2016).

Dentre esses, os principais objetivos encontram-se no artigo 7º, além da previsão da proteção da saúde pública e da qualidade ambiental, previsões de ações que visem o estímulo à adoção de padrões sustentáveis de produção e consumo, com ênfase na não geração, redução, reutilização, reciclagem, bem como também na previsão sobre a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

O Art. 1º dessa Lei institui a PNRS, dispondo sobre princípios, objetivos e instrumentos, bem como diretrizes relativas a GIRS e gerenciamento de RS, incluindo perigosos; às responsabilidades de geradores e poder público e; aos instrumentos econômicos aplicáveis (FERNANDES *et al.*, 2016; SOUSA; CAMPOS; OLIVEIRA, 2016).

Para alcançar os princípios e objetivos da PNRS, a sociedade dispõe de instrumentos relevantes, como: planos de RS, sistemas de coleta seletiva (CS) e logística reversa (LR), Planos Estaduais de Gestão de Resíduos Sólidos, incentivos à criação e ao desenvolvimento das associações e cooperativas de catadores, incentivos fiscais, educação ambiental e outros, buscando descentralizar as responsabilidades dos municípios referentes ao gerenciamento ambientalmente adequado de RS (FILHO, 2014; FONSECA *et al.*, 2017).

A implantação de sistema de LR é potencialmente vantajosa ao cumprimento dos requisitos da PNRS e, portanto, estes devem ser implementados nas organizações que atuem na coleta de materiais recicláveis, com o objetivo de melhorar tanto os serviços que cercam a LR como as organizações envolvidas (cooperativas, sucateiros etc.).

Logística Reversa (LR)

De acordo com a PNRS, a LR é um instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta dos RS, sendo essa uma vantagem às empresas que a aplicarem na valorização ou destinação adequada de resíduos.

Assim a LR objetiva viabilizar o retorno de bens ou seus constituintes ao ciclo produtivo ou de negócios. De acordo com o ciclo de vida útil, os bens podem ser divididos em três classes: descartáveis, semiduráveis e duráveis, sendo tais definições cruciais para facilitar o entendimento das atividades nos canais reversos (BRASIL, 2010; GUIMARÃES; TAVARES; PINTOO, 2014; PINHEIRO; FRANCISCO, 2014).

A LR é utilizada para diminuir os impactos causados pelo descarte indevido dos RS. Em particular, para desenvolver LR, é necessários recursos e, como tal, geram-se custos que nem sempre são compensados com a recuperação de valor obtida nessa operação (ARAUJO *et al.*, 2013; CASTRO *et al.*, 2014).

É possível afirmar que a LR é uma área que merece maior reconhecimento e adesão das organizações, já que todo produto, ao longo do seu ciclo de vida, mesmo com diferentes fases de produção, distribuição e disposição final, provoca algum impacto ambiental.

Nesse âmbito, as mudanças em legislação ambiental, vem gerando impacto sobre as empresas que têm se sujeitado a controle mais rigoroso. Entretanto, é evidente que a LR, pode gerar materiais reaproveitados, que retornam ao processo, fechando um ciclo de sustentabilidade (GONTIJO; DIAS, 2014; MILANO; LIZARELLI, 2014).

Assim, a LR tem atuado para aferir resultados proveitosos, já que o reaproveitamento dos resíduos pode se tornar economicamente rentável, induzindo empresas a investir em sistemas e processos para atender as novas necessidades de clientes e meio ambiente.

Para tal, se faz necessário, além da conscientização da população, um planejamento logístico reverso (BINOTO; PEREIRA, 2013; RODRIGUES; PEREIRA; REBELATO, 2013). A PNRS, junto com o aumento da consciência ecológica de clientes,

propiciou às empresas considerar a LR como estratégia em planos de negócios (SILVA; BASTOS; ONOFRIO, 2013).

Coleta Seletiva (CS)

Segundo a PNRS, Coleta Seletiva é a coleta de resíduos sólidos previamente segregados conforme sua constituição ou composição, sendo instrumento essencial para se atingir a meta de disposição final, de maneira ambientalmente adequada dos rejeitos, constituindo um serviço especializado em coletar o material devidamente separado e classificado pela fonte geradora.

A CS constitui um processo de valorização dos resíduos, visando sua reintrodução no ciclo produtivo, atuando como instrumento relevante ao desenvolvimento sustentável. No entanto, a CS ainda não é uma realidade nos municípios brasileiros, já que em cada 3 municípios apenas 1 desenvolve essa atividade, sendo a maioria concentrada nas regiões sul e sudeste (BRASIL, 2010; SNIS, 2013; SUDAM, 2015).

Portanto, educar a população para participar desse processo é imprescindível e campanhas educativas vêm sendo desenvolvidas, buscando formas para reuso ou reciclagem de RS, para aumentar a conscientização da sociedade e minimizar os problemas resultantes do lixo.

De todo jeito, torna-se importante intervir nesse serviço, seja para implantar a CS ou ampliar sua abrangência em termos de população, diretrizes que são consensuais e atendem à PNRS. (FONSECA *et al.*, 2017; SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2016).

A CS auxilia a vida de centenas de trabalhadores e suas famílias, começando pela retirada de catadores de lixões, passando

pela criação de alternativas de renda para centenas de desempregados e excluídos da sociedade. Por outro lado, alguns catadores consideram o trabalho pesado, percebendo-o como sujo, perigoso e insalubre para os envolvidos.

Estes trabalhadores reconhecem sua responsabilidade por coletar o material reciclável e que representam um elo importante na cadeia produtiva desses resíduos, como recuperadores de recursos (PEREIRA; GOES; 2016; SCHMIDT, 2017).

A PNRS prioriza o direcionamento de recursos e outros incentivos para organização de catadores. Assim, o planejamento de ações sustentáveis deve girar em torno de uma estrutura, englobando empresas ou catadores, na coleta de materiais, instalações para triagem, e um mercado para consumo desses materiais. Outro ponto deve ser a participação da população na separação prévia e entrega de resíduos, envolvendo ainda uma etapa de conscientização.

Mapeamento de Processos (MP)

O Mapeamento de Processos (MP) pode ser considerado uma ferramenta de melhoria usada em qualquer organização para buscar a excelência na operação de suas atividades. O MP é uma ferramenta utilizada por diversas organizações principalmente para projetar ou descrever, sobretudo, o fluxo das atividades desempenhadas pelos recursos alocados na produção de bens ou serviços.

Sendo assim, recomendada a organizações que buscam migrar da visão funcional para uma visão por processos, sob tal abordagem, a organização pode alcançar melhores resultados, no sentido de adquirirem uma visão sempre atualizada do sistema, viabilizando efetuar melhorias na execução das atividades e com intuito sempre de simplificá-las (JORGE; MIYAKE, 2016).

Segundo Henequim (2015), definido o processo, escolhe-se uma ferramenta de mapeamento já estruturada e difundida. Para este estudo, a ferramenta utilizada foi o Fluxograma que é uma ferramenta técnica que possibilita o registro de todas as atividades por meio de gráficos e símbolos interligados com setas que representam o fluxo, seja de materiais ou informações, a fim de facilitar a visualização de toda a linha de produção (GONÇALVES; ALMEIDA JUNIOR, 2012; MILANO; LIZARELLI, 2014).

É uma ferramenta usada para identificar as etapas e atividades que envolvem o processo, para que, com medidas adequadas, seja possível reduzir ou eliminar tarefas que não agregam valor (JORGE; MIYAKE, 2016).

MÉTODO DE PESQUISA

Utilizou-se como base um estudo de caso que indica princípios e regras a serem observados ao longo da investigação, envolvendo as etapas de formulação e delimitação do problema, seleção da amostra, determinação dos procedimentos para coleta e análise de dados, bem como dos modelos para a sua interpretação. O estudo de caso foi ainda precedido pelo planejamento, a partir de conhecimentos advindos do referencial teórico e das características próprias do caso.

A cooperativa objeto de pesquisa está localizada no Município de Ananindeua – Pará, tendo sua atividade iniciada em 2007. Atualmente está estruturada com 1 secretária, 1 presidente e 45 associados, que operam a triagem em um galpão, de aproximadamente 1800 m², advindo de um contrato de parceria com a prefeitura do município, onde triam-se os materiais recicláveis, exceto madeira e vidro.

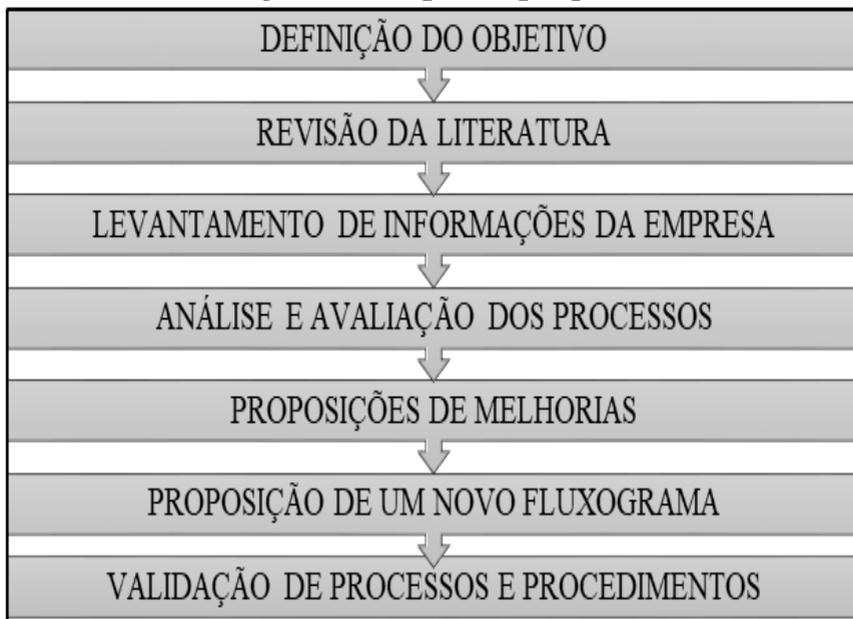
Os recicláveis são oriundos da coleta seletiva, pelo método porta a porta (residências) ou a partir de grandes geradores (gráfica, condomínios, supermercados), totalizando uma produção mensal média de 85 toneladas. Para alcançar o objetivo de pesquisa, considerando a PNRS, os métodos utilizados foram:

- a) Levantamento bibliográfico, considerando os temas envolvidos na pesquisa: LR, PNRS, Mapeamento de processos, Gestão de resíduos sólidos e CS;
- b) Levantamento das informações necessárias, relacionadas ao atual processo de LR da cooperativa, por meio de levantamento documental e entrevistas não estruturadas com os responsáveis, atuantes na operação e na tomada de decisões;
- c) Análise e avaliação dos processos internos e externos, considerando a identificação das rotas e mapeamento dos processos atuais, por meio de análise e caracterização das atividades referentes à coleta do RS e de observações dos processos *in loco*, além de entrevistas não estruturadas com os gestores e os demais envolvidos tanto na tomada de decisão quanto na execução desses processos, levando-se ainda em consideração os princípios da PNRS e trabalhos já publicados;
- d) Proposição de um novo fluxograma de processos, com sugestões de melhorias no fluxo dos resíduos coletados;
- e) Validação dos novos procedimentos propostos, por meio de reuniões, para apresentação das melhorias ao processo de LR na cooperativa, com o objetivo de incentivar seu desenvolvimento sustentável e atualização de seu atual processo.

Após a coleta de dados, seu tratamento foi realizado com o auxílio de *softwares*, como editores de texto e planilhas eletrônicas para a criação e desenvolvimento de quadros que viessem a facilitar o entendimento acerca do conteúdo abordado, ou seja, foram desenvolvidos quadros comparativos e quadros resumos, a fim expor de forma mais clara o conteúdo adquirido a partir das entrevistas realizadas.

Foi usado também o *software* Bizagi, para a elaboração dos fluxogramas (desenvolvido pela cooperativa e o proposto pelo estudo). Após essa etapa foi realizada a análise mais precisa. As etapas da pesquisa foram sintetizadas, conforme o fluxograma apresentado na Figura 1.

Figura 1 - Etapas da pesquisa



Fonte: Elaboração própria.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Mapeamento do processo de coleta

1. Coleta porta a porta

Para a coleta porta a porta, previamente é feita uma ação sócio-educativa, por meio de panfletos, mostrando e incentivando a CS nos bairros, para conscientizar as pessoas sobre o papel delas na sociedade. São realizadas coletas em 3 bairros, com rotas predefinidas, para que não haja sobreposição na área de coleta.

Então, os catadores depositam os *big bags* identificados e lacrados no caminhão, que os levará até o local de triagem, onde será realizada uma segunda triagem.

2. Coleta proveniente do grande gerador

Essa modalidade é viabilizada por parceria com grupos privados como: gráficas, supermercados, condomínios e *shopping*. Quando um grande gerador acumula um dado nível de resíduos, a cooperativa é acionada via telefone, sendo alocada uma equipe para fazer a retirada do material.

Atualmente a cooperativa dispõe de dois caminhões, sendo um grande, doado pela prefeitura de Ananindeua, e um pequeno, alugado pela cooperativa.

Mapeamento de Processo Interno

1. Triagem do material coletado porta a porta

Nesta triagem todo material coletado é despejado no galpão em um único local, sendo esse material todo identificado de acordo com cada catador e, posteriormente, cada um tem seu material coletado posicionado em área de trabalho específica (*box*), para a realização da triagem.

Feito isso, os catadores iniciam a seleção do material, buscando identificar os resíduos que possuem comercialização direta. Finalizada a triagem, os resíduos são pesados, alguns prensados, e armazenados nos *boxes* por 15 dias, liberando os *big bags*, para que possam ser novamente enchidos.

Concluída esta etapa, os potenciais compradores são comunicados pela cooperativa e enviam seus caminhões para serem carregados com materiais triados. A cooperativa também realiza a entrega de alguns materiais, comercializados como sucata.

2. Triagem do material coletado pelos grandes geradores

Quando chega no galpão, o material coletado é alocado em um espaço com livre acesso a todos, com isso a triagem feita do material é realizada por todos os integrantes da cooperativa. Assim, todos têm responsabilidade pela triagem, pesagem, prensagem e carregamento dos caminhões de clientes para a comercialização.

Neste caso, a divisão dos lucros resultante desse tipo de coleta é realizada via rateio, diferentemente da coleta porta a porta, realizada por produção.

3. *Planejamento pré-coleta*

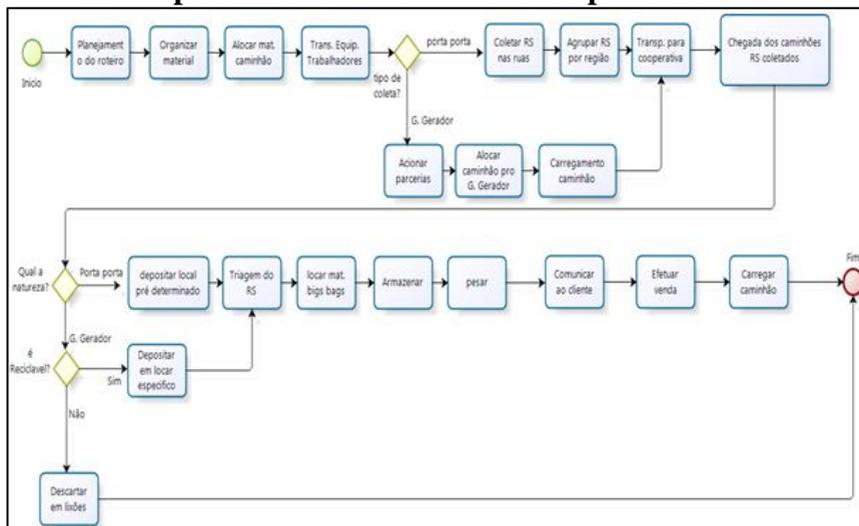
O processo atual da atividade de CS tem-se início com a chegada dos trabalhadores (catadores) à cooperativa, para a realização/finalização do planejamento do roteiro, onde é designada a área de coleta de cada trabalhador, visto que, nenhum catador pode ultrapassar seus limites/áreas de trabalho, são definidos também quais os materiais e/ou família de materiais a serem coletados.

Posteriormente os catadores são responsáveis pela organização dos equipamentos: carrinhos, *big bags*, botas e luvas, que serão utilizados na coleta. Em seguida, após equipamentos e trabalhadores estarem devidamente organizados, ambos são transportados até o local previamente definido, para iniciar o processo.

Depois de finalizada todas as preparações começam efetivamente a coleta e o agrupamento dos resíduos por região (ruas e avenidas), bem como do grande gerador (condomínios, padarias, supermercados e outros), para em seguida aguardar os caminhões efetuar o transporte do material coletado à cooperativa.

Na Figura 2, é representado o processo de CS desenvolvido pela cooperativa. Com base no desenvolvimento desse mapa buscou-se observar oportunidades de melhorias, visando aumentar a eficiência do processo e adequar às atividades à PNRS.

Figura 2 - Fluxograma dos processos atuais de CS da Cooperativa



Fonte: Elaboração própria.

PROPOSIÇÃO DE MELHORIAS E NOVO MAPA DE PROCESSO

Após a análise da Figura 2 comparativamente ao proposto por Fonseca *et al.* (2017), percebeu-se algumas não-conformidades dos processos adotados na cooperativa em relação à gestão mais adequada dos resíduos, onde foram propostas melhorias.

Sobre a coleta, a cooperação da prefeitura com a cooperativa pode viabilizar a realização de campanhas de conscientização e educação ambiental (EA) para a CS. Tais campanhas seriam realizadas com ações, que mostrassem formas adequadas à separação dos resíduos nas 3 frações: recicláveis secos, orgânicos e rejeitos.

Além disso, a disponibilização de PEV (Pontos de entrega voluntária) em pontos estratégicos deveria ocorrer pela cidade, onde a sociedade civil e o setor privado poderiam destinar adequadamente seus resíduos. Por fim, devem ser promovidas ações para divulgar a importância da CS para a sociedade.

Em relação à qualidade do material, coletado, atualmente, a cooperativa já desenvolve atividades de agregação de valor aos resíduos, sendo estas: coleta, triagem, prensagem e entrega. Entretanto, a prensagem de alguns materiais ainda é pouco eficiente, pois a cooperativa não possui uma prensa e alguns materiais (ex.: lata de alumínio) ainda são prensados de forma bem rústica.

A aquisição de prensas seria imprescindível à maior agregação de valor, pois o processo seria mais rápido e eficiente, além do fato que alguns clientes só adquirem os resíduos em fardos.

Além da prensa, uma correia transportadora, para os materiais de grandes geradores, facilitaria a triagem dos resíduos, já que tal atividade seria realizada de modo mais eficiente e ergonomicamente correto, aumentando a produtividade e evitando futuros problemas de saúde.

No que se refere ao fluxo de materiais coletados, recentemente a Prefeitura de Ananindeua-PA disponibilizou uma nova instalação à cooperativa, mais próxima aos pontos de coleta e, por esse motivo, a exceção da coleta, as atividades ainda estavam sendo realizadas sem estudos prévios, capazes de melhorar o processo.

Seria importante a proposição de um novo *layout*, com posicionamento mais adequado de maquinário e depósitos de resíduos antes e pós-triagem, bem como a aquisição de empilhadeira e paletes, para a movimentação de materiais já prensados, visto que, dependendo do material, o peso do fardo pode chegar meia tonelada, inviabilizando sua movimentação manual. Com isso, tais

atividades seriam desenvolvidas de forma mais rápida e com menos esforço, minimizando riscos de acidentes.

Em relação à documentação, sua organização é de extrema importância, pois os documentos precisam estar em locais de fácil acesso. Na cooperativa em estudo, por terem mudado de endereço recentemente, os arquivos físicos estão armazenados em locais de difícil acesso.

A cooperativa ainda não trabalha com meios digitais (computadores), para acesso mais rápido e eficaz aos documentos. A aquisição de computadores e a criação de planilhas eletrônicas e banco de dados, possibilitaria agilidade nas consultas e redução nos custos de administração e manutenção do acervo. Outra alternativa de baixo custo seria o uso de pastas padronizadas e identificadas para armazenar o material impresso, segundo suas especificidades.

Sobre a segurança no trabalho, os Equipamentos de Proteção Individual (EPI) são acessórios fundamentais para o desenvolvimento de qualquer atividade que apresente algum risco ao trabalhador, sendo essenciais aos processos, já que minimizam as chances de ocorrência de acidentes de trabalho.

Na cooperativa, após algumas visitas e observações, verificou-se que os trabalhadores não utilizavam EPI ao desenvolvimento das atividades, maximizando os riscos de ocorrências de acidentes, como: cortes, contaminação por fezes ou urina de ratos e outros animais, doenças respiratórias etc.

Sendo assim, o uso de EPI, como: luvas, botas e máscaras, seria imprescindível ao desenvolvimento das atividades, de forma correta, rápida e segura, reduzindo as chances de ocorrência de acidentes e agilizando a execução, visto que as realizariam menos preocupados.

Recomenda-se ainda um estudo de demanda, para destinar o resíduo de forma correta, ou seja, analisar e definir clientes que potencializem lucro à cooperativa, pagando melhores preços e garantindo o sucesso do negócio. Por esse motivo, faz-se necessário esse estudo, para identificar potenciais clientes mais propensos a pagar mais pelos resíduos.

Outra melhoria refere-se à destinação de materiais, pois se a cooperativa conseguisse processar resíduos em escala suficiente para ter acesso direto as indústrias de reciclagem, seria o ideal e um dos propósitos da Lei 12.305/10.

Assim, aumentar capacidade produtiva, fontes de coleta e qualidade dos materiais coletados seriam formas de ter acesso direto a essas indústrias. Porém, muitos materiais ainda são contaminados, devido à sua não separação na fonte geradora, e acabam tendo que ser vendidos a preços inferiores, caso contrário o mercado não os absorve.

Além disso, ainda há materiais, como vidro, utensílios domésticos, roupas, sapatos entre outros, em que não há no estado um mercado capaz de absorvê-los e, assim, estes acabam tendo sua destinação inadequada, pois são considerados rejeitos.

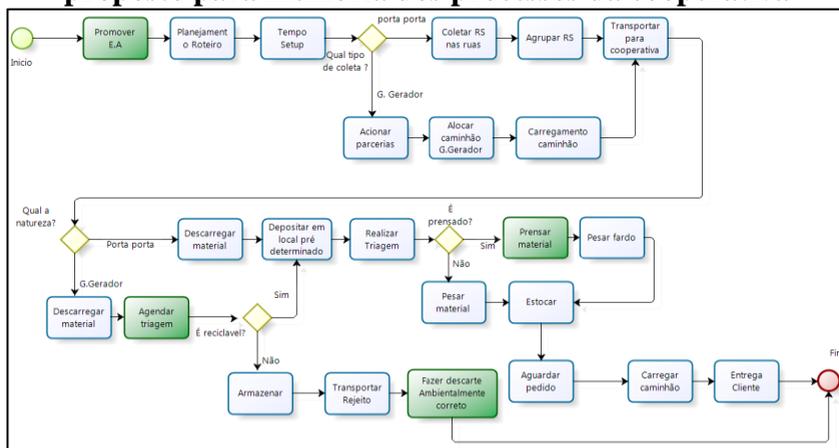
A cooperativa deveria diversificar clientes e estimular entre catadores outras alternativas de revalorização, como a remodelagem, que busca transformar os materiais em, por exemplo, artesanato, a ser vendido na própria comunidade, tendo em vista, que o envio de resíduos a outros estados ou países só seria viável em escalas mais elevadas, devido aos custos logísticos muito altos.

Dessa forma, com base no mapa de estado atual (MEA) da cooperativa e nas sugestões de melhorias apresentadas, um novo mapa de processos (Mapa de Estado Futuro - MEF) foi exposto na Figura 3, para auxiliar a compreensão das melhorias propostas, além de possibilitar melhor entendimento das novas atividades a serem

realizadas. Ressalta-se que no MEF mantiveram-se várias atividades do MEA, a fim de minimizar o índice de rejeição pelos funcionários que efetivamente desenvolverão as atividades consideradas.

A partir da análise comparativa dos processos apresentados na Figura 2 (MEA) com os processos propostos por Fonseca *et al.* (2017) e da proposição de melhorias, como observado na Figura 3, foram propostas algumas alterações no atual fluxograma de processos da cooperativa, tendo como objetivo reduzir e/ou eliminar perdas e desperdícios de tempo e movimentação, além de maior alinhamento com as diretrizes impostas pela PNRS.

Figura 3 - Fluxograma proposto para melhoria dos processos da cooperativa



Fonte: Elaboração própria.

CONCLUSÃO

Este trabalho propôs melhorias ao processo de Logística Reversa de uma cooperativa de catadores do município de

Ananindeua-PA, por meio da análise comparativa entre o processo de LR atualmente desenvolvido na cooperativa e o processo de LR considerando a PNRS, proposto por Fonseca *et al.* (2017). A partir da análise comparativa, foi proposto um novo mapa de processos de LR convergente à PNRS e considerando as especificidades da cooperativa.

Dentre as contribuições práticas desta pesquisa seria a conversão em um manual de boas práticas de LR para cooperativas e/ou pessoas interessadas em criar uma cooperativa de catadores, com o intuito de também prover melhorias sociais e ambientais em relação à atividade de CS.

Também, as melhorias, se implementadas, convergiriam em postos de trabalho mais adequados para cada função, por exemplo, a aquisição da correia transportadora, possibilitaria uma ergonomia correta e conforto ao trabalhador.

Ainda, com o uso de EPI, empilhadeira e outros equipamentos, seria necessário menos esforço e tempo à execução das funções, caracterizando um grande avanço em produtividade, saúde e bem-estar do trabalhador.

Como sugestão para trabalhos futuros, sugerimos realizar estudo de viabilidade econômico-financeira tanto nas operações de LR em cooperativas quanto na implementação das melhorias para LR propostas nesse estudo.

REFERÊNCIAS

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. São Paulo: ABRELPE, 2010.

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. São Paulo: ABRELPE, 2019.

ARAÚJO, A. C. *et al.* “Logística reversa no comércio eletrônico: um estudo de caso”. **Revista Gestão e Produção**, vol. 20, n. 2, 2013.

BINOTO, R.; PEREIRA, C. R. “Logística reversa e o problema do carteiro chinês: uma abordagem mista para estudo da coleta de óleo residual de frituras”. **Anais do XXXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**. Salvador: ENEGEP, 2013.

BRASIL. **Lei n. 12.305, de 02 de agosto de 2010**. Brasília: Planalto, 2010. Disponível em: <www.planalto.gov.br>. Acesso em: 20/05/2022.

CARDOSO FILHO, G. T. **Avaliação da Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos na cidade de Parintins/AM: desafios e oportunidades à luz da Política Nacional de Resíduos Sólidos** (Dissertação de Mestrado em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia). Manaus: UFAM, 2014.

CASTRO, M. D. G. *et al.* “Identificação de desafios e oportunidades na logística reversa de resíduos de óleo de fritura: um estudo exploratório nas residências do município de Lençóis Paulista”. **Anais XXI Simpósio de Engenharia de Produção**. Bauru: SIMPEP, 2014.

FERNANDES, J. L. *et al.* “Um estudo sobre a política nacional de resíduo sólido e o impacto ambiental”. **Projectus**, vol. 1, n. 1, 2016.

FERRI, G. L.; CHAVES, G. L. D; RIBEIRO, G. “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**, vol. 25, n. 1, 2015.

FONSECA, E. C. C. *et al.* “Evolução dos estudos de logística reversa realizados no contexto nacional: uma análise bibliométrica”. **Revista Produção Online**, vol. 15, n. 4, 2015.

FONSECA, E. C. C. *et al.* “Proposta de mapa de processos de logística reversa de pós-consumo sob a ótica da política nacional de resíduos sólidos”. **Revista Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, vol. 12, n. 1, 2017.

GONÇALVES, A. T. P.; ALMEIDA JUNIOR, J. “Mapeamento de processos como ferramenta de identificação de fatores de impacto nas paradas não programadas do processo produtivo: estudo de caso em uma fábrica de cerâmica vermelha no estado da Paraíba”. **Anais do I Simpósio Internacional de Gestão de Projetos**. São Paulo: SINGEP, 2012.

GONTIJO, F.; DIAS, A. “Integrating reverse logistics and eco-design: a proposal for a new framework”. **Revista Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, vol. 9, n. 2, 2014.

GUIMARÃES, J. L. S.; TAVARES, F. R. M.; PINTOO, S. L. “Logística reversa em *clusters/APL'S*: estudo exploratório em relação ao setor calçadista”. **Anais XXI Simpósio de Engenharia de Produção**. Bauru: SIMPEP, 2014.

HENEQUIM, T. P. **Mapeamento de Processos no Setor de Exportação de uma Indústria Automotiva** (Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização em Engenharia de Produção). Curitiba: UFPR, 2015.

JORGE, G. A.; MIYAKE, D. I. “Estudo comparativo das ferramentas para mapeamento das atividades executadas pelos consumidores em processos de serviço”. **Production**, vol. 26, n. 3, 2016.

MILANO, C. B.; LIZARELLI, F. L. “Mapeamento da Logística Reversa de pilhas e baterias: estudo de caso de um projeto proposto por uma instituição bancária”. **Revista Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, vol. 9, n. 1, 2014.

NEVES, A. C. R. R.; CASTRO, L. O. A. “Separação de materiais recicláveis: panorama no Brasil e incentivos à prática”. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, vol. 8, n. 8, 2013.

PEREIRA, B. C. J; GOES, F. L. **Catadores de materiais recicláveis: um encontro nacional**. Rio de Janeiro: IPEA, 2016.

PINHEIRO, E.; FRANCISCO A. C. “Logística reversa como ferramenta para gestão de resíduos sólidos têxteis”. **Anais XXI Simpósio de Engenharia de Produção**. Bauru: SIMPEP, 2014.

PREFEITURA DE ANANINDEUA. **Pioneiro muda realidade de mais de 5 mil famílias de Ananindeua**. Ananindeua: SESAN, 2015. Disponível em: <www.ananindeua.pa.gov.br>. Acesso em: 26/04/2022.

RODRIGUES, A. M.; PEREIRA, T. C. Z.; REBELATO, M. G. “Logística reversa no setor supermercadista: estudo comparativo entre dois estabelecimentos de médio porte”. **Anais do XXXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**. Salvador: ENEGEP, 2013.

SCHMIDT, A. “Reciclar: a responsabilidade é minha e sua”. **Revista Planeta**, n. 532, 2017.

SILVA, N. O.; BASTOS, R. T. C.; ONOFRIO, E. “Logística reversa como estratégia empresarial: um estudo de caso da empresa Natura”. **Anais do XXXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**. Salvador: ENEGEP, 2013.

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Banco de dados online**. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Regional, 2013. Disponível em: <www.mdr.gov.br>. Acesso em: 20/04/2021.

SNSA - Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos – 2014**. Brasília: SNSA, 2016.

SOUSA, C. A. F.; CAMPOS, J. C. B.; OLIVEIRA, B. M. “Panorama do gerenciamento dos Resíduos Sólidos no Brasil e no Nordeste após a implementação do PNRS”. **Revista Científica ANAP Brasil**, vol. 9, n. 15, 2016.

STREIT, J. A. C. **Estudo das oportunidades propiciadas pela Política Nacional de Resíduos Sólidos: o caso das cooperativas de catadores de materiais recicláveis do DF (Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Administração)**. Brasília: UnB, 2013.

SUDAM - Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia. **Boletim Amazônia: indicadores ambientais de desenvolvimento sustentável**. Belém: SUDAM, 2015.

TEODÓSIO, A. S. S.; DIAS, S. F. L. G.; SANTOS, M. C. L. “Procrastinação da política nacional de resíduos sólidos: catadores, governos e empresas na governança urbana”. **Revista Ciência e Cultura**, vol. 68, n. 4, 2016.

TOMAZ, M. P; RAMOS, F. “A coleta seletiva remunerada de resíduos domésticos: um modelo de sustentabilidade ambiental e econômica para os municípios brasileiros”. **Revista Brasileira de Tecnologias Sociais**, vol. 1, n. 1, 2014.

CAPÍTULO 6

*Utilização de Resíduos Sólidos
da Extração de Óleo Vegetal para Obtenção de
Lipases Fúngicas Via Fermentação no Estado Sólido*

UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA EXTRAÇÃO DE ÓLEO VEGETAL PARA OBTENÇÃO DE LIPASES FÚNGICAS VIA FERMENTAÇÃO NO ESTADO SÓLIDO

Cristina Gomes Soares da Silva

Adeilton Pereira Maciel

Estudos recentes descrevem a busca por microrganismos produtores de enzimas que é uma etapa de suma importância para contribuir com a viabilização da rota biotecnológica de produção no setor industrial (SHELDON; PELT, 2013). A produção e utilização de enzimas de origem microbiana constituem um dos setores da indústria biotecnológica.

Atualmente a biotecnologia de processos vem se destacando no desenvolvimento tecnológico mundial, exibindo características econômicas e operacionais que conferem vantagens em relação aos processos químicos convencionais (BORTOLAZZO, 2011). A tecnologia enzimática tem chamado atenção no setor industrial, principalmente nas áreas de engenharia de proteínas e enzimologia.

As lipases são as enzimas que mais se destacam nos processos, pois catalisam reações de hidrólise em triglicerídeos convertendo-os em ácidos graxos e glicerol. Por outro lado, elas também atuam em reações de esterificação, interesterificação, alcoólise, acidólise e aminólise (FALONY *et al.*, 2006; FLEURI *et al.*, 2014).

A versatilidade catalítica faz das lipases um dos grupos de enzimas mais utilizadas comercialmente, sendo considerado o terceiro maior grupo de enzimas em volume mundial de vendas e

com uma participação no mercado mundial que cresce de maneira significativa (HASAN; SHAH; HAMEED, 2006).

Constituem um dos grupos de enzimas que possuem uma imensa variedade de aplicações biotecnológicas, podendo ser produzidas por bactérias, leveduras e fungos filamentosos. Os fungos têm sido considerados como excelentes produtores de lipases, uma vez que podem produzi-las extracelularmente, facilitando a sua extração (COSTA *et al.*, 2000).

Em relação as suas vantagens, o uso de lipases pela indústria ainda esbarra no seu custo. Assim, vários estudos têm sido desenvolvidos no sentido de se encontrar novos microrganismos produtores e aprimorar a forma de produção (CASTRO *et al.*, 2004).

Uma das alternativas para a redução dos custos na produção de lipases por fungos é a utilização da fermentação em estado sólido (FES). Esta envolve o uso de substratos ou suportes para crescimento de microrganismos na ausência de água livre.

É um processo que requer menor energia e pode ser vantajoso para países que possuem grande oferta de resíduos sólidos. Dentre as alternativas existentes a fim de diminuir estes custos, está o emprego de resíduos agroindustriais a FES, o qual se mostra uma fonte riquíssima de substratos para aplicação neste processo (MURUGAN *et al.*, 2011). Sendo assim nesse capítulo mostramos a seleção de isolados de *Aspergillus sp.* produtores de lipase a partir da utilização da fermentação no estado sólido.

RESÍDUOS SÓLIDOS

Nos últimos anos, especial atenção vem sendo dada para minimização ou reaproveitamento de resíduos sólidos gerados nos

diferentes processos industriais. Os resíduos provenientes da indústria de alimentos envolvem quantidades significativas de cascas, caroços, folhas e outros. Esses materiais, além de fonte de matéria orgânica, servem como fonte de proteínas, enzimas e óleos essenciais, passíveis de aproveitamento (MERCÊS, 2016).

Como principal fornecedora de recursos naturais para as populações rurais, a Caatinga condiciona sobremaneira as atividades humanas na região semi-árida nordestina (BRASIL, 2008).

Dentre as centenas de espécies naturalmente ocorrentes no bioma Caatinga, merecem especial destaque aquelas representantes da família *Arecaceae*, porquanto que as palmeiras estão presentes em quase toda a abrangência do seu território e apresentam elevada importância ambiental e socioeconômica regional (SOUZA; LORENZI, 2008).

Dentre as *Arecaceae* de ocorrência natural na destaca-se a espécie *Syagrus cocoides* Martius é uma das 47 espécies do gênero *Syagrus* registradas no Brasil. É conhecida também por ariri, jatá, piririma, uaperema, pati, pupunha-brava (PESCE, 2009; NOBLICK, 2017). É uma espécie endêmica do Brasil e sua ocorrência foi confirmada no Norte (Amazonas, Pará, Tocantins); Nordeste (Maranhão, Piauí) e Centro-oeste (Goiás, Mato Grosso) (LEITMAN *et al.*, 2015).

O coco ariri apresenta grande importância nos municípios onde se encontra, pois representa fonte de renda para a população. As folhas da palmeira são usadas na confecção de utensílios domésticos como vassouras, espanadores assim como sacolas, chapéus e outros produtos que fazem parte do nosso cotidiano.

Da amêndoa pode ser extraído um óleo além de ser consumida *in natura*, sendo muito utilizada na culinária. Do resíduo obtido com a extração do óleo, originam-se a torta e farelo, também

comercializados, que servem como alimento para animais (CARVALHO *et. al.*, 2005).

SYAGRUS COCOIDES

Syagrus cocoides Martius pertence ao gênero *Syagrus* da família Arecaceae. É uma das três espécies de palmeiras mais frequentes no Brasil e a mais representativa na região do cerrado (HENDERSON *et al.*, 1995).

No Brasil, podemos citar como exemplos as conhecidas palmeiras (*Euterpe oleracea*), das quais são extraídos frutos e palmitos, e o babaçu (*Attalea speciosa*), utilizado para a extração do óleo das sementes (PEDRONI *et al.*, 2002). Essa espécie apresenta um grande número de produtos básicos para a subsistência humana quando comparado a qualquer outro grupo de plantas.

O fruto do *Syagrus cocoides* Martius é composto de um caroço lenhoso, pardo-claro recoberto por um epicarpo de cor verde, contendo no seu interior uma amêndoa oleosa. A amêndoa do *Syagrus cocoides* Martius contém aproximadamente 32% de óleo amarelo-claro, de aroma agradável, com sabor e qualidade semelhantes aos óleos de tucumã e palmiste africano (PESCE, 2009).

Outras partes da fruta o óleo de babaçu já está sendo pesquisado para outras aplicações nutricionais (se processadas adequadamente) ou não nutricionais neste caso inclui aplicações médicas, para fins energéticos, entre outras (MACIEL, 2016).

Algumas espécies do gênero *Syagrus* são muito valorizadas localmente pelos produtos que delas são retirados, como palmeiras, amêndoas, polpas de frutas e folhas para artesanato; é o caso da gueroba (*Syagrus oleracea* (Mart.) Becc.) (DIAS *et al.*, 2014), licuri

(*Syagrus coronata* (Mart.) Becc.) e gerivá (*Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman) (NOBLICK, 2010).

Santos-Filho *et al.* (2013), afirmam em suas pesquisas que a concentração massiva de palmeiras encontradas no estado do Maranhão, reflete o intenso processo de degradação das florestas originais com diferentes finalidades, dentre elas o extrativismo de plantas típicas das florestas presentes na região. Leite (2001), destaca que além dos usos comerciais as palmeiras são de grande importância para trabalhos de paisagismo e restauração de ecossistemas florestais.

Na literatura existem estudos que tratam da morfologia e fenologia reprodutiva para *Syagrus vagans* (Bondar) Hawkes (LOPES, 2007) e *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman (BEGNINI *et al.*, 2013). Estudos etnobotânicos e distribuição geográfica da família Arecaceae (MARTINS, 2014).

Em relação à espécie *Syagrus cocoides* Mart., Pinheiro *et al.* (1996) relataram a descoberta de uma população incomum da espécie no estado do Maranhão e Perse (2009) apresentou uma breve descrição da espécie e da constituição química do óleo extraído da espécie *Syagrus cocoides* Martius. Apesar desses estudos, pouco se sabe sobre o real potencial produtivo e econômico dessa espécie.

Dessa forma, quantidades significativas de resíduos da extração do óleo são utilizadas para outros fins como fertilizantes. No entanto segundo Bettiol, 2009 surge problemas com pragas o que leva o produtor rural a usar agrotóxicos ocasionando o desequilíbrio do ecossistema.

Aqui nós destacamos a viabilidade para o uso desses resíduos como substratos para o cultivo de microrganismos autóctone produtores de enzimas de interesse industrial. A identificação desses microrganismos constitui-se em etapa inicial para o emprego alternativo dos resíduos.

FUNGOS FILAMENTOSOS: *Aspergillus sp.*

Os fungos constituem um grupo microbiano cosmopolita bastante diversificado, com uma ampla variedade de morfologias, metabolismo e habitats. São seres aclorofilados, eucariontes, e heterotróficos, em sua maior parte filamentosos que adquirem seu alimento por absorção. Estes organismos podem ser micro ou macroscópicos propagando-se por intermédio de esporos, e possuem como fonte de reserva, o glicogênio (GUERRERO; SILVEIRA, 2003).

Esses microrganismos são de extrema importância para o funcionamento dos ecossistemas, no entanto, embora estejam entre os organismos mais importantes do mundo, ainda são limitadas ou incompletas as informações a respeito da maioria das espécies (MUELLER; SCHMIT, 2007).

Levantamentos estimativos da década de 1990 propuseram que apenas 5% da diversidade de fungos seria conhecida, com aproximadamente 72.000 espécies descritas na literatura e 1.430.000 espécies permanecendo sem descrição. Se esta estimativa estiver correta, os fungos constituem um dos grupos microbianos com maior número de espécies na natureza, aproximando-se da casa de 1,5 milhões de espécies estimadas (HAWKSWORTH, 2001).

Os fungos filamentosos têm a capacidade de secretar importantes enzimas no meio ambiente, estas podem degradar produtos como amido e celulose, no entanto, apenas 2% dos da demanda mundial de microrganismos tem sido testado como fonte de enzimas (HASAN *et al.*, 2006).

Entre estes microrganismos filamentosos capazes de secretar enzimas no meio ambiente e degradar produtos, destacam-se os pertencentes ao gênero *Aspergillus*, que tem sido amplamente

empregados em processos biotecnológicos, por produzirem enzimas de importância significativa nas mais diversas áreas (SCHUSTER *et al.*, 2002).

Portanto, os fungos constituem um grupo de microrganismos de extrema importância, pois são essenciais no funcionamento de ecossistemas naturais, além da possibilidade de sua exploração econômica (WANG; HYDE; SOYTONG, 2008).

O Filo Ascomycota apresenta 46 ordens e aproximadamente 6.000 gêneros, entre eles encontram-se os gêneros *Aspergillus* e *Penicillium* (GUERRA, 2000). Até o ano de 2011, os gêneros *Aspergillus*, *Penicillium* e outros, estavam incluídos dentro da família Trichocomaceae.

Todavia, com a mudança do novo Código Internacional de Nomenclatura para algas, fungos e plantas, houve uma nova subdivisão para essa família em: Aspergillaceae (*Aspergillus*, *Penicillium*, *Hamigera*, *Leiothecium*, *Monascus*, *Penicilliopsis*, *Phialomyces*, *Sclerocleista*, *Warcupiella* e *Xeromyces*), Trichocomaceae (*Rasamsonia*, *Sagenomella*, *Talaromyces*, *Thermomyces* e *Trichocoma*) e Thermoascaceae (*Byssochlamys* / *Paecilomyces* e *Thermoascus*) (HOUBRAKEN; SAMSON, 2011; VISAGIE *et al.*, 2014).

A família Aspergillaceae esta compreendida na ordem Eurotiales, classe Eurotiomycetes e filo Ascomycota. Tanto *Aspergillus* como *Penicillium* são considerados os gêneros economicamente mais importantes desse filo, sendo conhecidos pelos impactos positivos e negativos que causam sobre as atividades humanas.

Algumas espécies pertencentes a família Aspergillaceae possuem propriedades fisiológicas bastante diversas como, por exemplo: crescem em baixa atividade de água, em baixas ou altas temperaturas, além de níveis de baixa acidez e oxigênio

(HOUBRAKEN *et al.*, 2011). A ampla distribuição desses dois gêneros permite que estes sejam sempre encontrados em solos no mundo todo, sendo caracterizados como decompositores de matéria orgânica e bons produtores de enzimas. (COUTINHO *et al.*, 2012).

O gênero *Aspergillus* foi primeiramente descrito em 1729 por Micheli, em seguida os autores Tom e Church em 1926, publicaram a primeira monografia sobre o gênero, desde então, as espécies pertencentes ao gênero *Aspergillus* se tornaram cada vez mais conhecidas devido as suas características benéficas, e por vezes prejudiciais ao homem e, este gênero, passou a ser amplamente estudado.

Em 1965 Rapper e Fennel fizeram uma descrição completa sobre esse gênero, onde foi reconhecido cerca de 132 espécies e 18 variedades (BENNETT, 2010). A última revisão de *Aspergillus* feita por Samson e colaboradores (2014), sugere que este gênero apresenta quatro subgêneros, dezenove seções e 339 espécies. Apesar de já ter sido bastante estudada, a sistemática desse gênero constantemente sofre mudanças, devido aos recentes estudos de filogenia molecular e quimiotaxonomicos (SAMSON *et al.*, 2014).

Por ser bastante diverso e amplamente distribuído na natureza, este gênero é considerado cosmopolita, podendo ser comumente isolados de plantas e do solo, além disso, apresenta maior abundância nas regiões de climas tropicais e subtropicais. As espécies desse gênero, em geral, são reconhecidas por serem patógenas oportunistas, por deteriorar alimentos (saprófitos), e produzir micotoxinas (KLICH, 2002a; 1997).

Quanto a sua morfologia, esse gênero apresenta uma extensa variação na coloração de suas colônias, sendo então esta, a principal característica macroscópica utilizada para sua classificação, essa coloração varia entre tons de verde, amarelo, cinza, marrons, preto e branco (VARGA *et al.*, 2004). As espécies desse gênero possuem

uma hifa ereta proveniente da célula pé denominada conidióforo, o qual se dilata originando uma forma arredondada ou elíptica, denominada vesícula.

Na área fértil da vesícula são formadas células conidiogênicas, métulas e fiálides responsáveis por produzir cadeias longas de esporos mitóticos, denominados conídios. Todo este sistema é denominado aspergilli, o qual pode ser bisseriado apresentando métulas e fialídes, ou uni seriado quando possui apenas fialídes provenientes da vesícula (BENNET, 2010).

Quanto a importância econômica, o gênero *Aspergillus* é o que possui mais destaque, muitas espécies são utilizadas na biotecnologia para a fabricação de uma variedade de metabolitos, tais como: ácidos orgânicos, antibióticos, medicamentos, e enzimas como agentes em fermentações (SAMSON *et al.*, 2004).

Desde a descoberta da penicilina, espécies de *Penicillium* têm sido avaliadas, e com sucesso, quanto a produção de diversificados tipos de metabolitos secundários ativos, incluindo substâncias antibacterianas (PETIT *et al.*, 2009), antifúngicas (NICOLETTI *et al.*, 2007), imunossuppressores, corantes (AKILANDESWARI; PRADEEP, 2016;) e também micotoxinas potentes (FRISVAD; SAMSON, 2004), e muitas dessas espécies, são consideradas fontes de novos produtos inovadores e fármacos, que foram isoladas de solo. Além disso, produzem diversas enzimas de proveito industrial, e algumas espécies podem ser utilizadas no biocontrole e mico parasitismo (PALLU, 2010).

LIPASES

As características utilizadas para classificar as lipases variaram ao longo dos anos. Inicialmente, os parâmetros utilizados

para assim classificá-las eram o fenômeno de ativação interfacial e a presença de uma “tampa” hidrofóbica, recobrando o sítio catalítico.

No entanto, esses critérios se mostraram ser inadequados pelo fato de nem todas as lipases possuírem “tampa” ou apresentarem o fenômeno de ativação interfacial.

Assim, as lipases passaram a ser definidas apenas como carboxilesterases que catalisam a hidrólise (e síntese) de ésteres de cadeia longa, que são assim considerados quando possuem comprimento de cadeia maior que 10 átomos de carbono, sendo os triacilgliceróis considerados como substrato padrão (JAEGER *et al.*, 1999).

De acordo com sua origem as lipases diferem entre si (bacteriana, fúngica, vegetal, animal) e propriedades cinéticas. As lipases obtidas de microrganismos do ponto de vista industrial (bactérias, leveduras e fungos) são as mais utilizadas, devido a sua facilidade de produção e abundância de microrganismos em sintetizá-las.

Os fungos filamentosos secretam uma grande variedade de enzimas no ambiente para auxiliar sua nutrição, o que os tornam capazes de decompor vários materiais naturais, refinados ou processados.

É verificado na literatura que uma grande variedade de microrganismos, principalmente os fungos filamentosos são descritos como bons produtores de lipase, pois habitam em ambientes ambientais extremos e suportam com facilidade as diversas mudanças de pH e de temperatura dependendo dos parâmetros reacionais utilizados e das diferentes especificidades encontradas são especialmente valorizados porque as enzimas por eles produzidas normalmente são extracelulares, o que facilita a sua recuperação do meio de fermentação (SUSEELA; LATHA, 2015).

As lipases obtidas por microrganismos, apresentam diversos gêneros de fungos que demonstraram ser bons produtores de lipases e diversos estudos sob o ponto de vista acadêmico e industrial estão sendo realizados.

As lipases de *Aspergillus niger*, *A. oryzae*, *Mucor javanicus*, *Rhizopus niveus*, *R. oryzae*, *Penicillium camembertii*, *P. roqueforti* e da levedura *Candida rugosa* são utilizadas para processamento de óleos, gorduras e queijos, para a determinação de triglicerídeos, como aditivos em preparações digestivas e para síntese quiral (ANDRADE *et al.*, 2015).

LIPASES DE ORIGEM MICROBIANA

Há milhares de anos, as enzimas têm sido exploradas de forma prática pelo homem (SHARMA *et al.*, 2001). Seja diretamente a partir de manipulações enzimáticas brutas de origem animal ou vegetal; ou de forma indireta, por meio do aproveitamento da atuação enzimática no crescimento microbiano sobre determinados substratos.

Usar e produzir as enzimas microbianas originárias das bactérias e fungos (filamentosos ou leveduras) que em sua maioria são extracelulares, da classe das hidrolases, se constitui a maior esfera biotecnológica da indústria (OLSON *et al.*, 1994).

Inúmeras variedades de microrganismos já foram isoladas da natureza e usados industrialmente (como o *Saccharomyces cerevisiae*), no entanto, a maioria deles apresentam grande potencial enzimático, que ainda precisa ser explorado.

Se estima que apenas 5% dos fungos e 2% das bactérias tenham sido identificados e avaliados como produtores de enzimas de proveito industrial e, ainda que um número relevante de linhagens

tenha sido melhorado geneticamente em laboratório, é muito provável que a natureza abrigue linhagens com potencial enzimático muito maior na forma selvagem (BRAVO *et al.*, 2000).

Entre os produtos mais importantes obtidos para a necessidade humana, estão as enzimas. Estas, provenientes de microrganismos, como bactérias, leveduras e, principalmente fungos filamentosos, utilizados no setor industrial, resultam, atualmente, em uma indústria extremamente diversificada e com altos rendimentos econômicos.

O processo de fermentação, classicamente reconhecido, destaca-se pela produção de bebidas alcoólicas e álcool etílico, etanol combustível, ácidos orgânicos, laticínios e fármacos, incluindo os antibióticos (SOARES *et al.*, 2010).

Para Rolle (1998) *apud* Fernandes (2009), os microrganismos são considerados fonte enzimática industrial primária, estima-se que 35% são de origem bacteriana, 50% de fungos filamentosos e leveduras, e somente 15% de animais ou plantas.

Frequentemente as enzimas microbianas são mais utilizadas que as enzimas obtidas a partir de animais e plantas, isso porque elas apresentam expressiva variedade de atividade catalítica, produção não dependente de flutuações sazonais, maior rendimento, manipulação genética simples, e acelerado crescimento em meio de cultura.

Tendo em vista o contexto atual, a seleção de novos microrganismos capazes de produzir enzimas é considerada a maior barreira na comercialização de novas enzimas. Contudo, o melhoramento das condições de cultivo, associada a seleção de linhagens de microrganismos adequada, podem proporcionar o melhoramento da produção enzimática e a redução custos (CARVALHO, 2007).

As lipases são encontradas em fontes animais, vegetais e microbianas. Sendo preferencialmente produzidas a partir de fontes microbianas, devido ao aumento da capacidade produtiva durante os processos fermentativos, facilidade de aquisição e controle, além dos baixos custos de obtenção (SAXENA *et al.*, 2018). Segundo Singh e Mukhopadhyay (2012), os micro-organismos mais utilizados para a produção de lipases são fungos filamentosos dos gêneros *Rhizopus*, *Aspergillus* e *Mucor*, e leveduras do gênero *Cândida*.

As lipases são encontradas em tecido animal e vegetal, e podem ser produzidas por Fermentação Submersa (FS) ou Fermentação em Estado Sólido (FES) usando espécies de microrganismos, como por exemplo o fungo *Aspergillus niger* (VECCHIA *et al.*, 2020).

De acordo com Contensini *et al.* (2010), a maioria das enzimas lipolíticas industriais são derivadas de fungos e bactérias. Estas são amplamente diversificadas nas suas propriedades enzimáticas, substrato e especificidade, o que as tornam muito atraentes para aplicações industriais.

As enzimas microbianas possuem grande valor devido à sua grande variedade de atividades catalíticas disponíveis, rendimentos elevados, a facilidade na manipulação genética e o rápido crescimento microbiano em um meio de baixo custo (CONTESINI *et al.*, 2010).

Os microrganismos são sensíveis às condições ambientais ao qual estão sendo expostos. Na produção das lipases fúngicas, fatores como composição do meio, aeração, pH e temperatura e a ocorrência compostos que interferem no processo na atividade enzimática.

Muitos microrganismos possuem habilidades de produzir lipases apresentando diferentes especificidades como massa molecular, sensibilidade à temperatura e pH (BURKERT *et al.*, 2003; MUKHOPADHYAY; SINGH, 2012).

FERMENTAÇÃO EM ESTADO SÓLIDO PARA PRODUÇÃO DE LIPASE

A produção de enzimas consiste através de processos de fermentação e outros metabólitos, sendo a FES vem se destacando nos estudos e avanços obtidos no aproveitamento de resíduos e é um processo microbiano que se desenvolve na superfície de materiais sólidos, que apresentam a propriedade de absorver água, com ou sem nutrientes solúveis.

Estes substratos podem ser biodegradáveis ou não. Para esse processo os microrganismos podem crescer entre os fragmentos do substrato (dentro da matriz do substrato) ou sobre a superfície do mesmo secretando metabólitos, dentre os quais as enzimas (MITCHELL *et al.*, 2006). Os resíduos sólidos naturais ou provenientes da agricultura age como suporte físico e como fonte de nutrientes (PANDEY, 2003).

As lipases são produzidas tradicionalmente por fermentação submersa, pois devido aos avanços da tecnologia de produção alternativa a fermentação em estado sólido, proporciona vantagens em relação à FSM. Contudo, a produção de enzimas proteolíticas tem sido apontada como a causa de baixos rendimentos de lipases produzidas em FES em alguns trabalhos (COUTO; SAROMÁN, 2005).

Substratos derivados de grãos ricos em conteúdo lipídico, usados na indústria de óleos, como soja, girassol, milho, cocos e azeitona são usados para produção de lipases por fungos e bactérias em FES; subprodutos como farelo de casca de trigo, farelo de cevada e arroz, dentre outros, também vêm sendo utilizados (FERNANDES *et al.*, 2007).

A produção de lipases por FES mostra-se, em alguns casos, dependente da relação C/N e do tipo de fonte de carbono do meio (DOMINGUEZ *et al.*, 2003; GUTIERREZ *et al.*, 1999). Por isso, vários trabalhos buscam elucidar os efeitos da adição de nutrientes e de indutores durante o processo fermentativo, tanto em fermentação sólida, quanto em fermentação submersa.

Em alguns casos, a suplementação tem possibilitado aumentos consideráveis na produção de lipases. Contudo, trabalhos que utilizam a FES para a produção de lipase mostram que, dependendo da composição do substrato utilizado na fermentação (principalmente nos ricos em lipídeos e proteínas), a adição de fontes complementares de carbono e nitrogênio é desnecessária (KAMINI *et al.*, 2000).

Por exemplo, Dominguez *et al.* (2003) relataram que o uso de materiais orgânicos como suporte para produção de lipases, diminuiu não só o custo do processo, mas também proporcionou maiores atividades lipolíticas quando comparado ao uso de suportes sintéticos.

MICROORGANISMOS: ISOLAMENTO, IDENTIFICAÇÃO, CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA E POTENCIAL DE PRODUÇÃO

Os microrganismos foram obtidos a partir de resíduos da extração do óleo de *Syagrus sp.* que estavam acondicionados em uma bandeja colocados ao ar livre sem incidência direta de luz solar e nem outras interferências externas. Após 7 dias foram observadas o surgimento das primeiras colônias.

Para o isolamento dos microrganismos, utilizou-se o método de diluição seriada e plaqueamento em profundidade contendo meio

de cultura (BDA, com adição de cloranfenicol) e 100 μ L do material. Após o isolamento das amostras foram incubadas em BOD 25°C, durante cinco dias para o crescimento das colônias. Foram observadas o surgimento de fungos e bactérias sendo posteriormente realizada a análise, a seleção, a purificação e a identificação das espécies.

A identificação fúngica foi realizada através de macrocultivo e microcultivo das colônias baseados em literaturas específicas. A identificação das espécies dos gêneros *Aspergillus sp.* foi de acordo com CHRISTENSEN (1982) e KLICH (2002).

Após a identificação das colônias purificadas, estas foram mantidas em tubos, com meio de cultura MA 2%, para preservar a pureza e viabilidade dos fungos para posterior determinação das atividades enzimáticas.

As culturas de *Aspergillus* foram reativadas e autenticadas taxonomicamente. Os esporos das culturas foram suspensos em 1,0 mL de uma solução contendo 0,2 % de ágar e 0,05 % de Tween 80. Desta suspensão, 2,0 μ L foram inoculados em três pontos das placas de Petri contendo 25 mL de CZ e MEA.

As culturas foram incubadas durante sete dias, no escuro, a 25 °C e, em seguida, as características morfológicas como o diâmetro e a cor das colônias, tipo de vesícula, seriação (uni ou biseriado) do conidióforo, a morfologia e ornamentação da parede dos conídios, serão analisadas e comparadas com chaves taxonômicas e guias disponíveis para o gênero *Aspergillus* (RAPER; FENNELL, 1965; KLICH, 2002; SAMSON *et al.*, 2007).

Para determinar o potencial enzimático dos *Aspergillus spp.* foram utilizados o método qualitativo, que consiste em cultivar em meios específicos para a produção de cada enzima e avaliar o halo produzido. Para a verificação da produção enzimática, os isolados

fúngicos foram inicialmente cultivados em meio de cultura MA 2%, por sete dias.

Posterior ao crescimento, os fungos foram repicados para o centro das placas contendo os meios específicos para cada enzima. O ensaio foi realizado em triplicata. As colônias contidas em placas de Petri foram incubadas a 25°C, em câmara de germinação tipo BOD, com foto período de 12 horas por um período de 3 – 5 dias, antes da revelação, variando de acordo com o crescimento de cada fungo. A atividade enzimática lipolítica foi determinada a partir da metodologia descrita por Dingle, Teid e Solomons (1953) com modificações.

ENSAIO ENZIMÁTICO PARA LIPASE

O substrato é o Tween 20 e o meio contém por litro:

Peptona	10g
Cloreto de sódio	5g
Cloreto de cálcio	0,1g
Ágar Puro	20g
Tween	2,5 mL

O Tween 20 foi esterilizado separadamente por 15 minutos a 15 libras de pressão e 1 mL adicionados a 100mL de meio esterilizado e resfriado. A reação enzimática positiva para lipase foi a formação de zonas claras em volta da colônia em razão da completa degradação do sal de ácido gorduroso Hanki e Anagnostakis, (1975), não sendo necessário à adição de solução reveladora.

A determinação enzimática foi expressa como índice enzimático (IE), mediante a relação do diâmetro médio do halo de degradação e o diâmetro médio da colônia (Hankin e Anagnostakis, 1975); segundo a fórmula abaixo:

$$\text{IE} = \frac{\text{diâmetro do halo}}{\text{diâmetro da colônia}}$$

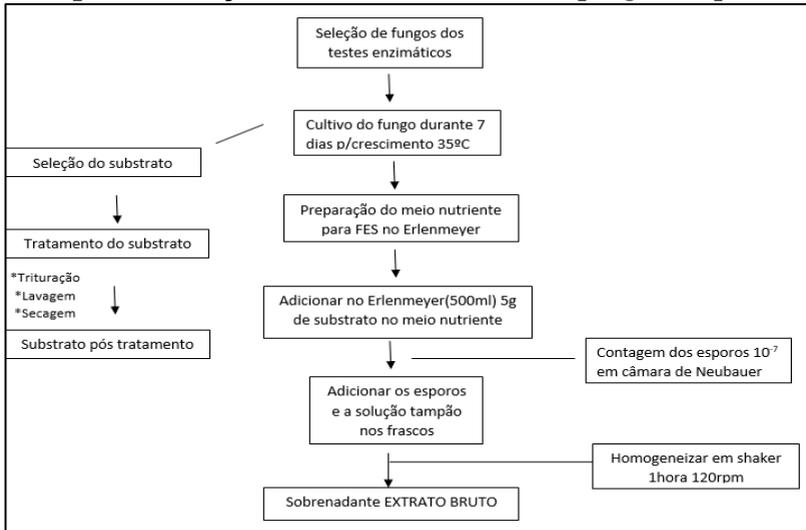
De acordo com Lealem e Gashe (1994) para considerar um microrganismo bom produtor de enzimas extracelulares em meio sólido, esse microrganismo deve apresentar um índice enzimático maior ou igual a 2,00. Segundo Oliveira *et al.*, (2006), os isolados fúngicos que apresentam os maiores IE nos meios de cultura, consequentemente são os que apresentam maior atividade enzimática extracelular.

A fermentação foi preparada segundo a metodologia de Pastore *et al.*, (2003) adaptada, foram inoculados em frascos de Erlenmeyer de 250mL contendo meio de cultura composto por farelo de trigo em tampão tris-HCl 50 mM pH7,0 na proporção 1:1 (P/V) e mantidos a 25°C por 5 dias. Após esse período, o extrato bruto da lipase foi extraído com adição de tampão tris-HCl 50 mM pH7,0 na proporção 1:10 (P/V) no meio de cultura. Os meios de cultura foram homogeneizados em rotação orbital de 190 rpm por 30 min em temperatura de 25°, após esse tempo o homogenato foi filtrado e centrifugado em 10.000rpm a 4°C por 25 minutos e o sobrenadante foi utilizado para estudos.

Para a produção de lipases, escolheu-se a técnica de fermentação em estado sólido (FES). A produção aconteceu em erlenmeyers de 250 mL, devidamente tampados, contendo cerca de 10 g do substrato. Os frascos foram autoclavados a 1,0 atm e 121°C

por 15 minutos e, após resfriados, a umidade do substrato foi ajustada e inoculada uma suspensão de esporos na concentração 10^8 . Em seguida, os frascos foram mantidos em estufa por 120 h.

Figura 1 - Esquema geral para obtenção do extrato bruto de *Aspergillus sp.*



Fonte: Elaboração própria.

DETERMINAÇÃO DA ATIVIDADE LIPOLÍTICA ATRAVÉS DA HIDRÓLISE DO PALMITATO DE P-NITROFENILA

Produção de lipase

A determinação da atividade dos extratos brutos de lipase de fermentação em estado sólido forra realizadas através da hidrólise

do substrato cromogênico nitrofenil palmitato (p-NPP) de acordo com a metodologia descrita Silva *et al.* (2005). A atividade foi avaliada pela adição de 10 μ L de extrato de lipase e 90 μ L de emulsão de p-NPP, e incubado a 37°C por 30 min e lido em uma leitura de microplaca em 410nm. Uma curva de calibração foi construída com concentrações de 4,2 a 140,0nmol de p-NPP. Uma unidade de atividade lipolítica foi definida como quantidade de p-NPP liberada por minuto por reação volume (nmol/ min/ mL).

DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise estatística dos dados foi feita por meio do software Statistica, versão 10. Os dados foram analisados em uma ANOVA inteiramente casualizada e as médias comparadas pelo teste de Tukey com nível de significância de 5%.

Potencial lipolítico

O mercado mundial de enzimas tem crescido nos últimos anos, e a grande maioria destas é produzida por microrganismos que foram selecionados da natureza (SERAFINI; BARROS; AZEVEDO, 2001).

Para produzir enzimas microbianas de interesse industrial, os microrganismos precisam ser capazes de crescer em substratos de baixo custo; produzirem a enzima em velocidade elevada, constante e em curto espaço de tempo (FELLOWS, 1994). Para considerar um microrganismo bom produtor de enzimas extracelulares em meio

sólido, Lealem e Gashe (1994) indicaram um índice enzimático maior ou igual a 2,0.

Os fungos filamentosos são conhecidos como sendo as melhores fontes de lipases. As espécies que apresentam maior potencial de produção de lipases pertencem aos gêneros *Geotrichum*, *Penicillium*, *Aspergillus* e *Rhizomucor* (MIURA *et al.* 1997).

O fungo encontrado neste processo pertence ao gênero *Aspergillus*, sendo um bom promissor para obtenção de lipases. Conforme resultados da Tabela 1, pode-se observar que os isolados testados apresentaram uma ampla variação quanto ao potencial de produção da enzima, sendo que, destacaram-se os isolados *A. niger* IE = 3,45 e o *A. flavus* IE = 3,30; como isolados potenciais para a produção de lipases.

Tabela 1 - Produção de lipases por *Aspergillus spp* isolados de *Syagrus cocoides* avaliados pelo índice enzimático (IE)

Substrato	Isolado	IE 24H	Dp*	IE 48H	Dp*	IE 72H	Dp*	IE 96H	Dp*
Coco ariri	<i>Aspergillus niger</i>	2,75	0,05	3,10	0,02	3,25	0	3,45	0
Coco ariri	<i>Aspergillus flavus</i>	2,52	0	2,65	0,02	3,00	0	3,30	0

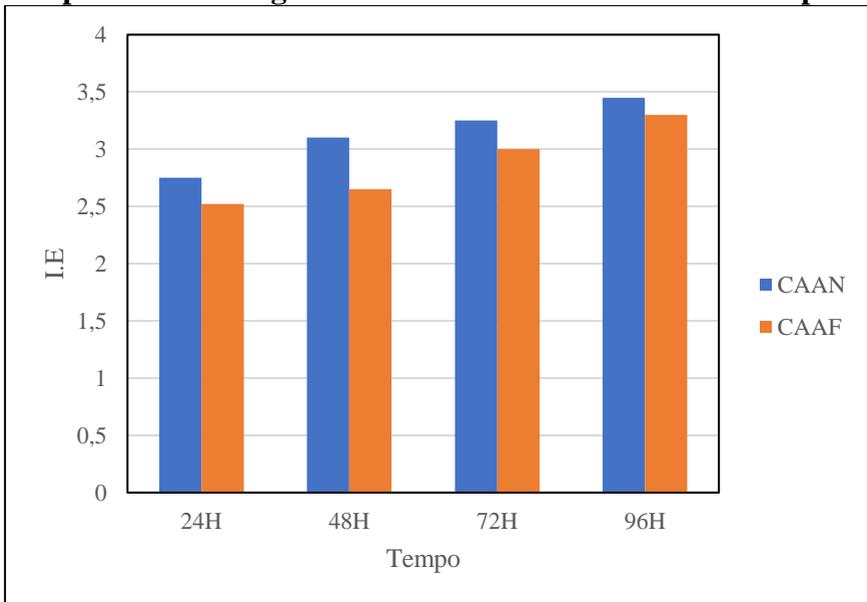
Fonte: Elaboração própria. Legenda: * Desvio Padrão.

Com relação às espécies potencialmente produtoras da enzima, (Gráfico 1), a espécie *A. niger* foi a que resultou em maior potencial de produção com índice enzimático $\geq 2,00$. Esses resultados estão de acordo com Terra (2008), pois relatam que as

espécies potencialmente produtoras de lipases apresentaram maior número de isolados com índice enzimático $\geq 2,00$.

A autora relata que o gênero *Aspergillus spp* apresentou o melhor índice enzimático (4,75) para a produção de lipases, Shukla e Gupta (2007) relataram que das 18 espécies de fungos isolados de diferentes ambientes, 13 demonstraram produção ótima para lipases em meio sólido sendo, o melhor produtor foi do gênero *Aspergillus spp*.

Gráfico 1 - Índices enzimáticos das atividades lipolíticas de fungos determinadas de acordo com o tempo

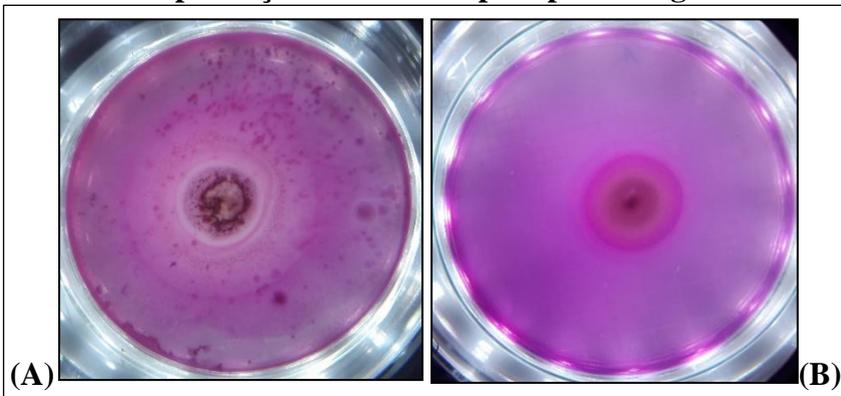


Fonte: Elaboração própria.

Colen, 2016 observou a atividade lipolítica em 59 cepas fúngicas, das quais apenas 25 cepas apresentaram halo em volta da

colônia, denominado esta primeira etapa de seu trabalho como seleção primária. Em seguida, esses isolados foram submetidos à seleção secundária, no qual foram avaliadas as condições de fermentação em substrato líquido e sólido, sendo que o fungo *Aspergillus niger* foi o maior produtor de lipase extracelular. Na figura 2 encontram-se ilustrados os resultados dos testes efetuados para lipase.

Figura 2 - Teste qualitativo de produção da enzima lipase pelos fungos



Fonte: Elaboração própria.

Nota: A. *niger* (A) e A. *flavus* (B) evidenciado pela formação de halo transparente em torno da colônia. As placas foram coroadas com fucsina.

ATIVIDADE ENZIMÁTICA DA LIPASE

Inicialmente, foram realizados cultivos de *Aspergillus spp.* com a finalidade de verificar qual das linhagens *Aspergillus spp.*, seriam a mais promissora para a produção de lipases a partir da FES, em termos de atividade enzimática. Kilikian *et al.* (2014)

encontraram as maiores atividades lipolíticas para o cultivo de *A niger* com meio sólido com 60% de umidade inicial, portanto, os fungos *Aspergillus sp.* apresentaram um crescimento desejável para produção das enzimas.

Tabela 2 - Atividade Lipolítica produzida pelos fungos *Aspergillus sp.* cultivados em meio de cultura sólido

ENSAIO	abs1	abs2	abs3	média
1(Temp 25°C)	1,129	1,153	1,081	1,121
2 (Temp 37°C)	1,418	1,719	1,804	1,647
Resultado (E2-E1)	nmol de p-NPP/100µL		nmols/min/mL	
0,526	0,477		95,305	

Fonte: Elaboração própria.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Todos os isolados fúngicos de *Aspergillus sp.* obtidos a partir dos resíduos da extração do óleo de *Syagrus cocoides* apresentaram bons índices enzimáticos com potencial para produzir lipase por fermentação em estado sólido.

Esses resultados foram significativos mostrando-se que essa é uma matéria-prima muito boa comparada com outros substratos enriquecendo a cadeia produtiva das palmeiras do gênero *Syagrus sp.* que são utilizadas principalmente para o artesanato, utilização em utensílios domésticos e atualmente mostrando-se interesses para aplicações biotecnológicas.

Como sabemos, as lipases possuem muitas aplicações de interesse industrial, então com a obtenção de fontes alternativas para produção dessa enzima é de suma importância a descoberta e o uso de resíduos oriundos da agricultura com grande abundância levando economia no processo industrial e no crescimento na produção dos biocombustíveis.

Os resíduos de *Syagrus cocoides* oriundos da extração do óleo apresenta grande potencial como substrato para obtenção de fungos com ótima produção de lipases a partir da fermentação em estado sólido, uma vez que os resultados obtidos demonstraram não haver a utilização de indutores, o que pode levar a uma considerável economia de matérias-primas no processo industrial e que esses fungos testados são capazes de produzir enzimas de interesse biotecnológico.

REFERÊNCIAS

AKILANDESWARI, P. PRADEEP BV. “Exploration of industrially important pigments from soil fungi”. **Applied Microbiology and Biotechnology**, vol. 100, n. 10, 2016.

ANDRADE, M. V. R. F.; DEUSDARÁ. T. T.; SCHEIDT, G. N.; JÚNIOR, A. F. C. “Isolamento, caracterização fenotípica e perfil de crescimento de cepas do fungo *Cunninghamella sp*”. **Biota Amazônia**, vol. 5, n. 2, 2015.

BEGNINI, R. M.; SILVA, F. R.; CASTELLANI T. T. “Fenologia reprodutiva de *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman (Arecaceae) em Floresta Atlântica no sul do Brasil”. **Biotemas**, vol. 26, n. 4, 2013.

BENNET, J. W. “An overview of the genus *Aspergillus*”. **Open Access Biology** [2010]. Disponível em: <www.open-access-biology.com>. Acesso em: 27/08/2021.

BETTIOL, W.; MORANDI, M. A. B. **Biocontrole de plantas: Uso e Perspectivas**. São Paulo: Embrapa, 2009.

BORTOLAZZO, C. M. “Seleção de microorganismos produtores de enzimas hidrolíticas isolados da região do meio oeste de Santa Catarina, Brasil”. **Revista Evidência**, vol. 11, n. 2, 2011.

BRASIL. **Manejo sustentável dos recursos florestais da Caatinga**. Natal: Ministério do Meio Ambiente, 2008.

BRAVO, V.; PAEZ, M. P.; AOULAD, M.; REYES, A. “The influence of temperature upon the hydrolysis of cellobiose by β -1, 4-glucosidases from *Aspergillus niger*”. **Enzyme and Microbial Technology**, vol. 26, n. 8, 2000.

CARVALHO, P. O.; CALAFATTI, S. A.; MARASSI, M.; SILVA, D. M.; CONTESINI, F. J.; BIZACO, R. “Potencial de biocatálise enantiosseletiva de lipases microbianas”. **Revista Química Nova**, vol. 28, n. 4, 2005.

CASTRO, H. F. “Modificação de óleos e gorduras por biotransformação”. **Revista Química Nova**, vol. 27, n. 1, 2004.

CHRISTENSEN, M. “The *Aspergillus ochraceus* group: two new species from western soils and a synonymy”. **Mycologia**, vol. 74, n. 2, 1982.

COLEN, G. **Isolamento e seleção de fungos filamentosos produtores de lipases** (Tese de Doutorado em Farmácia). Belo Horizonte: UFMG, 2006.

COUTINHO, F. P.; FELIX, W. P.; YANO-MELO, A. M. “Solubilization of phosphates in vitro by *Aspergillus* spp. and *Penicillium* spp”. **Ecological Engineering**, vol. 42, n. 3, 2012.

DAS MERCÊS, P. E. *et al.* “Aproveitamento de resíduos da agroindústria do óleo de dendê para a produção de lipase por *Aspergillus niger*”. **Ciência Rural**, vol. 46, n. 4, 2016.

DIAS, G. T.; LIMA, C. M. B. L.; LIRA, A. B.; RAMALHO, J.A.; OLIVEIRA, K.M.; DINIZ, M. F. F. M. “Toxicidade do extrato hidroalcoólico das folhas de *Cissus sicyoides*”. **Acta Brasiliensis**, vol. 1, n. 4, 2014.

DIAZ-GUERRA, M. T.; MELLADO, E.; CUENCA-ESTRELLA, M. “Genetic similarity among one *Aspergillus flavus* strain isolated from a patient whounderwent heart surgery and two environmental strains obtained from the operation room”. **Journal of Clinical Microbiology**, vol. 38, n. 3, 2000.

DINGLE, J.; TEID, W. W.; SOLOMONS, G. L. “The enzymic degradation of pectin and other polysaccharides”. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, vol. 4, n. 8, 1953.

DOMINGUEZ, A.; COSTAS, M.; LONGO, M. A.; SANROMAN, A. “A novel application of solid state culture: production of lipases by *Yarrowia lipolytica*”. **Biotechnology Letters**, vol. 25, n. 9, 2003.

FALONY, G.; ARMAS, J. C.; MENDOZA, J. C. D.; HERNÁNDEZ, J. L. M. “Production of extracellular lipase from *Aspergillus niger* by solid-state fermentation”. **Food Technol Biotechnol**, vol. 44, n. 2, 2003.

FELLOWS, P. **Tecnologia del procesado de los alimentos: principios e prácticas**. Zaragoza: Editorial Acribia, 1994.

FERNANDES, M. L. M. **Produção de lipases por fermentação no estado sólido e sua utilização em biocatálise** (Tese Doutorado em Química). Curitiba: UFPR, 2007.

FLEURI, L. F.; NOVELLI, P. K.; DELGADO, C. H. O.; PIVETTA, M. R.; PEREIRA, M. S.; ARCURI, M. L. C. “Biochemical characterization and application of lipases produced by *Aspergillus sp.* on solid-state fermentation using three substrates”. **International Journal of Food Science and Technology**, vol.49, n. 12, 2014.

FREIRE, D. M. G.; CASTILHO, L. R. **Enzimas em Biotecnologia: Produção, Aplicações e Mercado**. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2008.

FRISVAD, J. C.; SAMSON, R. A. “Polyphasic taxonomy of *Penicillium* subgenus *Penicillium*: A guide to identification of food and air-borne terverticillate *Penicillia* and their mycotoxins”. **Studies in Mycology**, vol. 49, 2004.

GUERRERO, R. T.; SILVEIRA, R. M. B. **Glossário ilustrado de fungos: termos conceitos aplicados a micologia**. Porto Alegre: UFRGS, 2003.

GUTIERREZ, R. M.; FAVELA-TORRES, E.; CORDOVA-LOPES, J. GARCJARIVERO, N. M. “Kinetics of growth of *Aspergillus niger* during submerged, agar surface and solid state fermentation”. **Process Biochemistry**, vol. 33 n. 2, 1998.

HANKIN, L.; ANAGNOSTAKIS, S. L. “The Use of Solid Media for Detection of Enzyme Production by Fungi”. **Mycological Society of America**, vol. 67, n. 3, 1975.

HASAN, F.; SHAH, A. A.; HAMEED, A. “Industrial applications of microbial lipases”. **Enzyme Microbial Technology**, vol. 39, n. 2, 2006.

HAWKSWORTH, D. L. “The magnitude of fungal diversity: the 1±5 million species estimate revisited”. **Mycological Research**, vol. 105, n. 12, 2001.

HENDERSON, A.; GALEANO, G.; BERNAL, R. **Field Guide to the Palms of the Palms Americas**. New Jersey: Princeton University Press, 1995.

HOUBRAKEN, J.; FRISVAD, J. C.; SAMSON, R. A. “Taxonomy of *Penicillium* section *Citrina*”. **Studies in Mycology**, vol. 70, n. 1, 2011.

JAEGER, K. E.; REETZ, M. T. “Microbial lipases form versatile tools for biotechnology”. **Tibtech**, vol. 16, n. 4, 1998.

KAMINI, N. R.; FUJII, T.; KUROSU, T.; IEFUJI, H. “Production, Purification and characterization of an extracellular lipase from yeast, *Cryptococcus* sp. S-2”. **Process Biochemistry**, vol. 36, n. 4, 2000.

KILIKIAN, B. V.; AFONSO, L. C.; SOUZA, T. F. C.; FERREIRA, R. G.; PINHEIRO, I. R. “Filamentous fungi and media for cellulase production in solid state cultures”. **Brazilian Journal of Microbiology**, vol. 45, n. 1, 2014.

KLICH, M. A. “Biogeography of *Aspergillus* species in soil and litter”. **Mycologia**, vol. 94, n. 1, 2002.

LEALEM, F.; GASHE, B. A. “Amylase production by a gram-positive bacterium isolated from fermenting tef (*Eraglostis tef*)”. **Journal of Applied Bacteriology**, vol. 77, n. 3, 1994.

LEITMAN, P.; SOARES, K.; HENDERSON, A.; NOBLICK, L.; MARTINS, R. C. “Arecaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil”. **Jardim Botânico do Rio de Janeiro** [03/02/2015]. Disponível em: <www.jbrj.gov.br>. Acesso em: 22/04/2022.

MARTINS, R. C.; FILGUEIRAS, T. S.; ALBUQUERQUE, U. P. “Use and Diversity of Palm (Arecaceae) Resources in Central Western Brazil”. **The Scientific World Journal**, vol. 14, n. 1, 2014.

MIURA, T.; NOSAKA, K.; ISHII, H.; ISHIDA, T. “Antidiabetic effect of Nitobegiku, the herb *Tithonia diversifolia*, in KK-Ay diabetic mice”. **Biological and Pharmaceutical Bulletin**, vol. 28, n. 11, 1997.

MUELLER, G. M.; SCHMIT, J. P. “Fungal biodiversity: what do we know? What can we predict?” **Biodiversity and Conservation**, vol. 16, n. 1, 2007.

MURUGAN, S.; ARNOLD, D.; PONGIYA, U. D.; NARAYANAN, P. M. “Production of xylanase from *Arthrobacter* sp. MTCC 6915 using saw dust as substrate under solid state fermentation”. **Enzyme Research**, vol. 2011, n. 1, 2011

NICOLETTI, R. GRESA, M. P. L.; MANZO, E.; CARELLA, A.; CIAVATTA, M. L. “Production and fungitoxic activity of Sch 642305, a secondary metabolite of *Penicillium canescens*”. **Mycopathologia**, vol. 163, n. 5, 2007.

NOBLICK, L. R. “A revision of the genus *Syagrus* (Arecaceae)”. **Phytotaxa**, vol. 294, n. 1, 2017.

NOBLICK, L. R. “Leaflet anatomy verifies relationships within *Syagrus* (Arecaceae) and aids in identification”. **PhytoKey**, vol. 26, n. 2, 2010.

OLIVEIRA, A. N. *et al.* “Enzimas hidrolíticas extracelulares de isolados de rizóbia nativos da Amazônia central, Amazonas, Brasil”. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, vol. 26, n. 4, 2006.

OLSON, G. R; WOESE, C. R; OVERBEEK, R. “The winds of (evolutionary) change: breathing new life into microbiology”. **Journal of Bacteriol**, vol. 176, n. 1, 1994.

PALLU, A. P. S. **Potencial biotecnológico de fungos do gênero *Penicillium* e interação com cana-de-açúcar** (Tese de Doutorado em Ciências). Piracicaba: USP, 2010.

PANDEY, A. “Solid-state fermentation”. **Biochemical Engineering Journal**, vol. 13, n. 2, 2003.

PASTORE, G. M.; COSTA, V. S. R.; KOBLITZ, M. G. B. “Purificação parcial e caracterização bioquímica de lipase extracelular produzida por nova linhagem de *Rhizopus* sp”. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, vol. 23, n. 2, 2003.

PEDRONI, F. S. M.; SANTOS, F. A. M. “Fenologia da copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf. - Leguminosae, Caesalpinioideae) em uma floresta semidecídua no sudeste do Brasil”. **Brazilian Journal of Botany**, vol. 25, n. 2, 2002.

PESCE, C. **Oleaginosas da Amazônia**. Brasília: IICA, 2009.

PETIT, P. *et al.* “Novel antimicrobial secondary metabolites from a *Penicillium* sp. isolated from Brazilian Cerrado soil”. **Electronic Journal of Biotechnology**, vol. 12, n. 4, 2009.

PINHEIRO, C. U. P.; BALICK, M. J.; FRAZÃO, J. M. F. “Branching in *Syagrus cocoides* (Arecaceae) in Maranhão, Northeastern Brazil”. **Brittonia**, vol. 48, n.72, 1996.

ROLLE, R. S. “Enzyme applications for agro-processing in developing countries: an inventory of current and potential applications”. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, vol. 14, n. 5, 1998.

SAMSON, R. A. *et al.* “Phylogeny, identification and nomenclature of the genus *Aspergillus*”. **Studies in Mycology**. vol. 78, n. 8, 2014.

SAMSON, R. A.; HOEKSTRA, E. S.; FRISVAD, J. C. **Introduction to food and airborne fungi**. Utrecht: Centraalbureau voor Schimmelcultures, 2004.

SCHUSTER, S. *et al.* “On the safety of *Aspergillus niger*: a review”. **Applied Microbiology and Biotechnology**, vol. 59, n. 5, 2002.

SERAFINI, R. A.; BARROS, N. M.; AZEVEDO, J. L. **Biocnologia na Agricultura e na Agroindústria**. Guaíba: Editora Agropecuária, 2001.

SHARMA, R.; CHISTY, Y.; BANERJEE, U. C. “Production purification, characterization and application of lipases”. **Biotechnology Advances**, vol. 19, n. 8, 2001.

SILVA, W.; MITIDIERI, S.; SCHRANK, A.; VAINSTEIN, M. H. “Production and extraction of an extracellular lipase from the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae*”. **Process Biochemistry**, vol. 40, n. 1, 2005.

SOARES, C. P. B.; OLIVEIRA, M. L. R. “Equações para estimar a quantidade de carbono na parte aérea de árvores de eucalipto em Viçosa, Minas Gerais”. **Viçosa**, vol. 26, n. 5, 2010.

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica sistemática**: guia ilustrado para identificação das famílias nativas e exóticas no Brasil, baseado no APG II. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2007.

SUSEELA L.; LATHA J. N. L. “Optimization of Process Variables for Extracellular Lipase Production from *Emericella nidulans* NFCCI 3643 Isolated from Palm Oil Mill Effluent (POME) Dump Sites Using OFAT Method”. **Research Journal of Microbiology**, vol. 10, n. 2, 2015.

VARGA, J. *et al.* “Molecular diversity of agriculturally important *Aspergillus* species”. **European Journal of plant Pathology**, vol. 110, n. 3, 2004.

VISAGIE, C. M. *et al.* “Identification and nomenclature of the genus *Penicillium*”. **Studies in Mycology**, vol. 78, n. 36, 2014.

WANG, H.; HYDE, K.; SOYTONG, K. “Fungal diversity on fallen leaves of *Ficus* in northern Thailand”. **Journal of Zhejiang University: Science B**, vol. 9, n. 10, 2008.

CAPÍTULO 7

*Resíduos Sólidos Industriais: Compósito com
Resíduos de Plástico Reforçado com Fibra de Vidro*

RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS: COMPÓSITO COM RESÍDUOS DE PLÁSTICO REFORÇADO COM FIBRA DE VIDRO

Neemias Silva de Souza

Renata Carla Tavares dos Santos Felipe

Raimundo Nonato Barbosa Felipe

Nathana Luiza Pinto de Lima

O relatório da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2016), mostra que apenas 40,30% dos resíduos sólidos gerados pelos municípios têm seu descarte realizado de forma adequada. O descarte inadequado desses resíduos causa impactos extremamente negativos nas populações.

O relatório expõe ainda que 76,5 milhões de pessoas sofrem diretamente com isso, sendo então os plásticos no Brasil responsabilizados pela geração de 13,5% da composição gravimétrica dos resíduos urbanos (PIMENTEL; XAVIER; LIRA, 2019).

Segundo Felipe, Felipe, Batista e Aquino (2017), os plásticos, também conhecidos por polímeros, são utilizados para a fabricação de itens na indústria de alimentos, médica, civil, mecânica, entre outras, e ainda usados para a confecção de compósitos poliméricos, que são materiais formados pela matriz (plástico) e pelo reforço.

No entanto, dependendo do processo de fabricação usado para a produção desses compósitos, ocorre uma elevada geração de



resíduos sólidos e de difícil reciclagem (LIMA; FELIPE; FELIPE, 2020).

Pesquisas, apesar de muito incipientes, já estão sendo desenvolvidas objetivando a utilização dos resíduos de compósitos poliméricos, como por exemplo o plástico reforçado com fibras de vidro (PRFV) quando inseridas em compósitos, seja de origem matriz cerâmica ou polimérica.

Segundo Castro *et al.* (2013), a reciclagem mecânica do PRFV, obtido do processo de fabricação por pultrusão, deu origem ao compósito de concreto-polímero. Araújo *et al.* (2003) também utilizou resíduos de PRFV na produção de novos materiais compósitos, objetivando mitigar a colocação desse resíduo em aterros sanitários.

Mattar e Viana (2012), também utilizaram resíduos de materiais poliméricos triturados na confecção de blocos de concreto, e observaram que o bloco com 5% de resíduos atendeu às exigências normativas da construção civil referentes à resistência à compressão.

Dessa forma, este trabalho visa à fabricação de um novo material a partir da utilização dos resíduos de plástico reforçado com fibras de vidro (PRFV), gerados pela indústria, quando inseridos no compósito polimérico formado por matriz de poliéster e fibra de vidro, mediante o processo de laminação manual.

Nesta pesquisa foram usadas taxas de 10% e 15% dos resíduos de PRFV com relação ao peso da resina no compósito e avaliados a densidade, a absorção de umidade e o comportamento mecânico quanto à tração e à flexão em três pontos, além da caracterização da fratura.

A utilização desses resíduos irá diminuir o seu descarte em aterros sanitários, proporcionando a queda dos danos ao meio ambiente e ainda a redução do uso de fontes não renováveis.

Na seção 2 será abordado os materiais e métodos utilizados durante a pesquisa, indicando através de imagens o resíduo de plástico reforçado com fibras de vidro antes e após o processo de trituração necessário a fabricação do compósito, bem como um fluxograma que descreve as principais etapas do procedimento metodológico utilizado.

Na seção 3 será apresentado os resultados obtidos na pesquisa, entre eles a caracterização do resíduo obtido a partir da espectroscopia de raio X, bem como a caracterização do compósito produzido, a partir dos dados de densidade, absorção de umidade, avaliação de desempenho mecânico e caracterização da fratura final.

Na seção final será apresentada as conclusões obtidas através dos dados apresentados na seção 3, demonstrando a possibilidade do uso do compósito produzido como meio de atenuar os danos ambientais gerados pelo resíduo de PRFV.

MATERIAIS E MÉTODOS

Neste trabalho foram confeccionados três compósitos, utilizando-se em todos a resina poliéster ortoftálica, fabricante Novopol, além de três camadas de manta de fibras de vidro-E, picadas com gramatura de 450g/m², fabricante Fibertex e sistema catalítico MEKP a 1% do peso de resina.

Das três placas, em duas foram adicionados os resíduos de PRFV, sendo uma com 10% (PRFVCR 10%) e a outra com 15% (PRFVCR 15%) em peso com relação à resina. O resíduo, após ser triturado num moinho de facas, foi classificado, mediante peneiramento em jogos de peneira, na dimensão de partículas de 0,59mm. Na Figura 1, pode-se observar o resíduo coletado da indústria antes e após o processo de trituração.

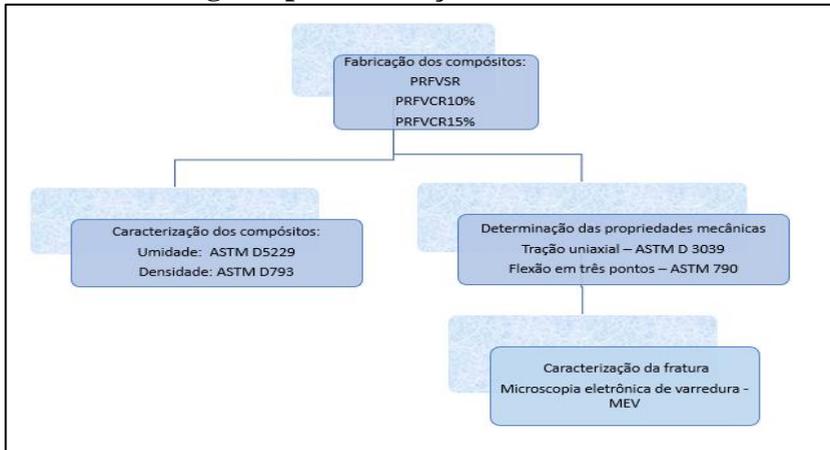
Figura 1 – Resíduo de PRFV (A) antes (B) após trituração



Fonte: Elaboração própria.

A metodologia adotada para a realização da pesquisa pode ser visualizada no fluxograma na Figura 2.

Figura 2 – Fluxograma do procedimento metodológico após trituração do resíduo de PRFV



Fonte: Elaboração própria.

Para a caracterização do resíduo de PRFV, utilizou-se o Espectrômetro de Fluorescência de Raios X por Energia Dispersiva, modelo EDX-720, da Shimadzu. A balança eletrônica digital Bioprecisa, modelo FA 210N, com resolução de 0,1mg e capacidade máxima de 210g, foi usada para a realização dos ensaios de absorção de umidade e de densidade, nos quais foram obtidos cinco corpos de prova, conforme normas ASTM D792 (2013) e ASTM D5229 (2014), respectivamente.

Já para a caracterização da fratura, utilizou-se o microscópio eletrônico de varredura (MEV), marca Tescan, resolução 3.0nm no modo SEI a 30kV com filamento de tungstênio, alto vácuo rotação total de operação 360° para todas as velocidades de varredura, em temperatura ambiente de $23 \pm 0,5$ °C. Os ensaios de tração uniaxial e de flexão em três pontos foram feitos para a determinação das propriedades mecânicas, sendo essas obtidas a partir da confecção de cinco corpos de prova para cada configuração dos compósitos avaliados e ensaio.

Para o ensaio de tração uniaxial, a velocidade foi de 1,0mm/min, numa temperatura ambiente de 24 ± 2 °C, conforme norma ASTM D3039 (2014); e, para o ensaio de flexão em três pontos, a norma utilizada foi a ASTM D790 (2010), com velocidade de ensaio de 2mm/min. A máquina de ensaio universal foi do fabricante Shimadzu, modelo AGI-250 KN.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização do resíduo

Na Tabela 1, é possível observar a composição química do resíduo de PRFV, que foi obtida a partir da espectroscopia de raio

X. Os maiores percentuais foram de CaO (óxido de cálcio) e de SiO₂ (dióxido de silício – sílica) e o menor foi de óxido de manganês.

Conhecer, então, a composição do resíduo facilitará o entendimento dos impactos ambientais que poderá gerar ao ser descartado. Com isso, a caracterização dele para a confecção desse novo material será um diferencial para o processo de gerenciamento dos resíduos, como a coleta, o transporte e a destinação; e também poderão ser encontradas alternativas que venham a minimizar custos.

Tabela 1 - Caracterização do resíduo de PRFV

Composição	Quantitativo (%)	Composição	Quantitativo (%)
CaO	52,359	BaO	0,300
SiO ₂	30,652	Co ₂ O ₃	0,195
Al ₂ O ₃	9,110	CuO	0,109
TiO ₂	3,465	SrO	0,104
Fe ₂ O ₃	2,481	ZnO	0,082
K ₂ O	0,581	MnO	0,082
SO ₃	0,482		

Fonte: Elaboração própria.

Caracterização dos compósitos

1. Densidade

Conforme pode ser observado na Tabela 2, a adição de resíduo de PRFV no compósito o tornou mais leve. Os valores das densidades, tanto do compósito com 15% (PRFVCR 15%), como do

compósito com 10% de resíduo (PRFVCR 10%), deram inferiores ao compósito sem resíduo (PRFVSR).

Esse comportamento é importante principalmente quando se deseja estruturas mais leves. Caracterização semelhante foi obtida no trabalho apresentado por Asokan, Osmani e Price (2009) ao se utilizar o mesmo material como resíduo. Os valores das densidades foram obtidos a partir da média de cinco corpos de prova.

Tabela 2 - Densidade dos compósitos

Compósito	Densidade (g/cm ³)
PRFVSR	1,47 ± 0,01
PRFVCR 10%	1,33 ± 0,01
PRFVCR 15%	1,42 ± 0,04

Fonte: Elaboração própria.

2. *Absorção de umidade*

Os corpos de prova (CP's) foram imersos em água destilada, com tempo de saturação de umidade de 2568h, aproximadamente 86 dias, e seus valores calculados a partir da média de cinco corpos de prova, sendo os resultados apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Percentuais de absorção de umidade

Absorção de Umidade	Compósitos		
	PRFVSR	PRFVCR 10%	PRFVCR 15%
(%)	0,54 ± 0,03	1,69 ± 0,04	1,12 ± 0,99

Fonte: Elaboração própria.

Segundo Raymundo, Ribeiro, Carvalho e Domingos (2012) e Domingos, Felipe, Felipe e Fernandes (2019), esse tipo de ensaio

pode sinalizar vários comportamentos físicos no material, como variação dimensional devido à migração do fluido para dentro do material e fissuras superficiais, aspectos que podem comprometer mecanicamente esse elemento estrutural.

A diminuição da absorção de umidade ocorrida no PRFVCR 15% quando comparado ao PRFVCR 10% ocorreu provavelmente devido ao processo de fabricação utilizado, pois é provável que tenha havido uma maior compactação entre as camadas, já que o processo utilizado foi o de laminação manual.

No entanto, de uma maneira geral, a inserção do resíduo no compósito fez com que ocorresse um aumento do percentual de absorção de umidade. Esse acréscimo favorece a criação de micro pontos que fazem com que a umidade penetre, por capilaridade, entre o resíduo e a interface do compósito, podendo assim essa partícula ficar ancorada na fibra ou na resina, formando um canal; e daí ele ser um ponto de fragilidade do material.

Conhecendo-se o comportamento do material quando exposto a essa condição de serviço, poderão ser tomadas algumas decisões durante a execução do projeto, como mecanismos de proteção de barreira a partir da colocação de uma camada extra de resina (matriz), uma pintura, entre outras possibilidades.

Avaliação do desempenho mecânico

1. Ensaio de tração uniaxial

Na Tabela 4, é possível verificar as propriedades mecânicas de resistência à tração, o módulo de elasticidade, que foi calculado a 50% da deformação, e a deformação de ruptura, sendo todos os

valores calculados a partir da média de cinco corpos de prova. A partir dos resultados obtidos, verifica-se que o PRFVCR 10% e o PRFVC 15% sofreram uma perda de 21,03% e 35,69%, respectivamente, ao se comparar os valores com o do PRFVSR.

Tabela 4 - Comparativo entre as propriedades de tração uniaxial

Compósito	Limite de resistência (MPa)	Módulo de elasticidade (GPa)	Deformação de ruptura (%)
<i>PRFVSR</i>	90,45 ± 11,87	1,89 ± 0,13	4,78 ± 0,43
<i>PRFVCR10%</i>	71,42 ± 4,46	2,21 ± 0,04	4,81 ± 0,32
<i>PRFVCR15%</i>	58,16 ± 11,55	1,18 ± 0,01	5,40 ± 0,28

Fonte: Elaboração própria.

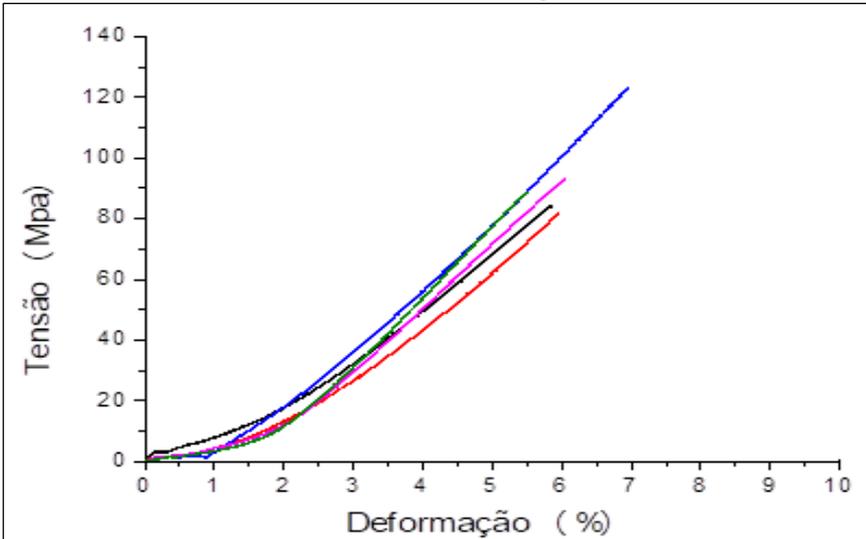
É possível observar, então, que houve variação no limite de resistência e que os compósitos com adição de resíduos de 10% e 15% sofreram uma redução de 21,03% e 35,69%, respectivamente, em relação ao compósito sem adição de resíduo. Dessa forma, conclui-se que, mesmo com a diminuição do limite de resistência, os materiais com adição de resíduos continuam com propriedades aceitáveis para inúmeras aplicações na engenharia, conforme atestam, com resultados semelhantes, os trabalhos de Silva *et al.* (2012) e Milani (2015).

Com relação ao módulo de elasticidade, também houve variação. No entanto, o compósito com 10% de resíduo apresentou um aumento de 16,93% em relação à rigidez do compósito de PRFV sem resíduos. Para a deformação de ruptura, os compósitos com 10% e 15% de resíduos apresentaram um acréscimo de 0,62% e de 13%

em relação à deformação do compósito de PRFV sem resíduo; isso é explicado uma vez que houve diminuição da rigidez do material.

Portanto, os resultados apresentados no ensaio de tração foram aceitáveis para o compósito com a adição de 10% de resíduos de PRFV. De igual forma, os resultados nas pesquisas de Hugo (2011), Ribeiro *et al.* (2013) e Milani (2015) sobre a incorporação de resíduos em compósito de PRFV observaram o aumento do módulo, com a diminuição da tensão de ruptura.

Gráfico 1 - Tensão x Deformação – PRFVSR



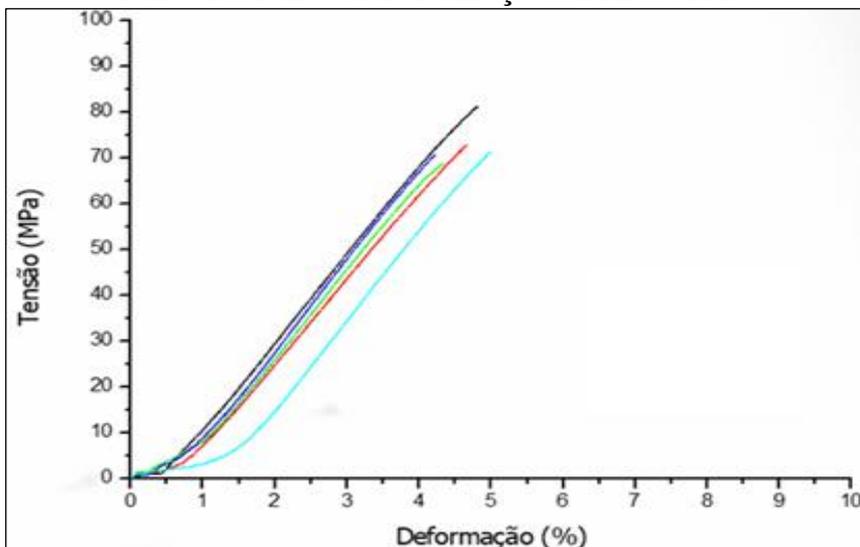
Fonte: Elaboração própria.

No Gráfico 1, apresenta-se a curva tensão x deformação dos corpos de prova do compósito de PRFV sem resíduo no ensaio de tração unidirecional. Nela, se pode observar que os CP's

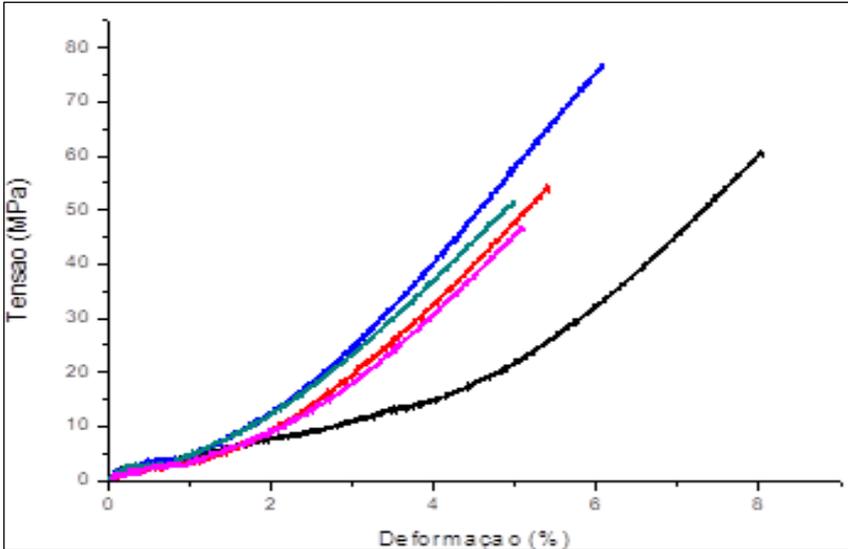
apresentaram comportamento mecânico semelhante quanto à região elástica da curva antes da deformação de ruptura, mostrando dessa forma uma uniformidade do material e, conseqüentemente, do processo de fabricação utilizado.

Comportamento semelhante é apresentado no compósito polimérico híbrido de fibra de vidro e kevlar ensaiado no trabalho de Felipe, Felipe, Batista e Aquino (2019). Nos Gráficos 4 e 5, observa-se as curvas tensão x deformação para os corpos de prova de PRFV com 10% e 15% de resíduos. Os resultados demonstram que a inclinação da região linear das curvas se tornou ligeiramente mais acentuada, o que refletiu na melhoria do módulo de elasticidade do material, principalmente o com 10% de resíduos.

Gráfico 2 - Tensão x Deformação – PRFVCR 10%



Fonte: Elaboração própria.

Gráfico 3 - Tensão x Deformação – PRFVCR 15%

Fonte: Elaboração própria.

É importante analisar os Gráficos 3, 4 e 5 para que se possa mostrar a repetibilidade dos resultados. A partir disso, verifica-se também que, analisando cada configuração separada, é possível observar que para o compósito com 10% de resíduos e o sem resíduo as curvas tiveram inclinações bem próximas umas das outras, já que cada curva representa um corpo de prova, o que mostra a uniformidade do material após fabricação.

Quando se analisa o comportamento do PRFVCR 15%, observa-se que as inclinações das curvas estão mais afastadas entre si, formando ângulos bem diferentes; à vista disso, pode-se concluir que durante a fabricação do material o processo de compactação pode ter variado, de forma que o material não ficou uniforme, tanto no que se refere à espessura quanto ao material de resíduo adicionado.

2. Ensaio de flexão em três pontos

Os valores dos parâmetros mecânicos de tensão máxima, do módulo de elasticidade e de deflexão máxima no ensaio de flexão foram obtidos a partir da média entre cinco corpos de prova.

**Tabela 5 - Comparativo
entre as propriedades de flexão em três pontos**

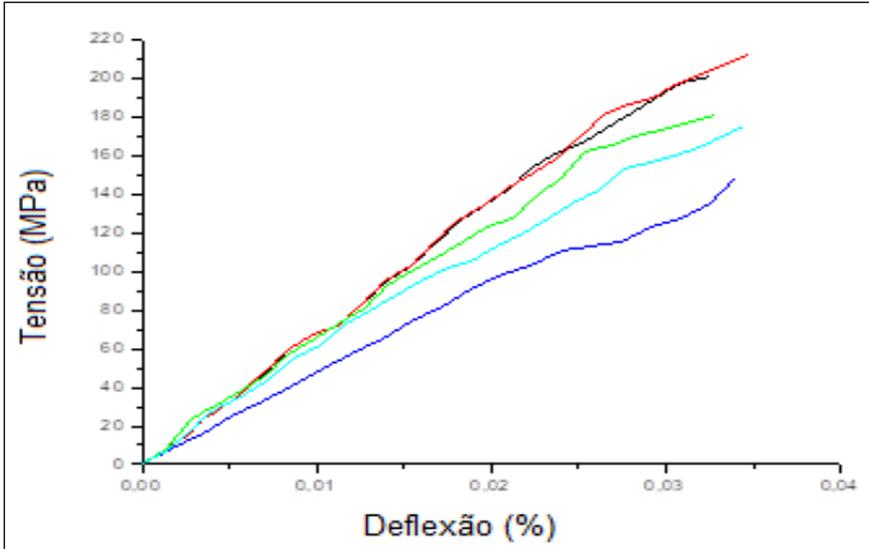
Compósito	Tensão máxima (MPa)	Módulo de elasticidade (GPa)	Deflexão máxima (%)
PRFVSR	214,9 ± 18,29	10,94 ± 2,38	2,00 ± 0,40
PRFVCR10%	115,9 ± 7,51	3,44 ± 0,18	3,40 ± 0,30
PRFVCR15%	106,3 ± 6,08	2,68 ± 0,16	4,00 ± 0,001

Fonte: Elaboração própria.

Na Tabela 5, observa-se que a tensão máxima à qual os CP's com adição de 10% e 15% de resíduos foram submetidos foi diminuída em aproximadamente 46% e 50,5%, respectivamente, em relação à tensão máxima aplicada ao compósito de PRFV sem resíduo.

Para o módulo de elasticidade houve uma variação bastante considerável, o que significou uma perda de 68,5% e de 75,5% da rigidez nos compósitos com 10% e 15% de resíduos, em relação ao módulo do compósito de PRFV sem resíduo.

Contudo, a diminuição da rigidez contribuiu significativamente para o aumento da flecha máxima nos compósitos com resíduos, com o aumento de até 70% no compósito com 10% de resíduos. Na pesquisa de Lokesh (2019), também se confirma o aumento da deflexão devido à perda considerável de rigidez.

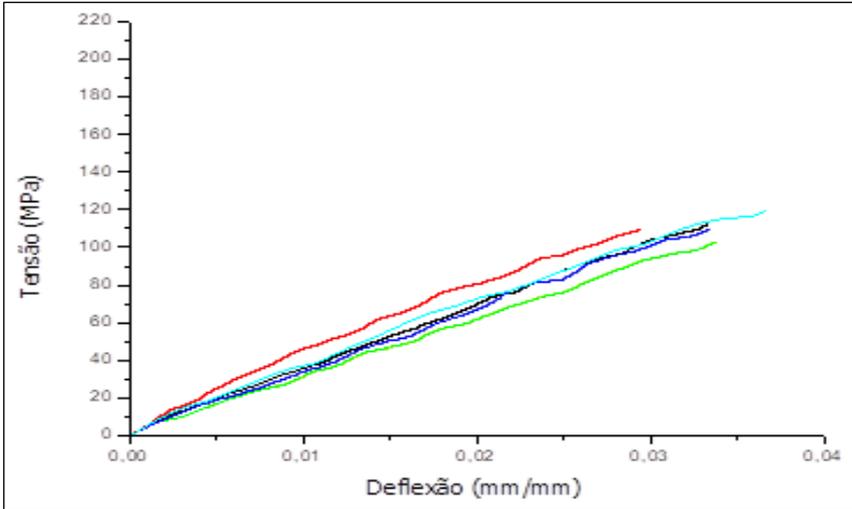
Gráfico 4 - Ensaio de flexão PRFVSR

Fonte: Elaboração própria.

No Gráfico 4, observa-se o comportamento mecânico com relação à flexão dos compósitos de PRFVSR, o que configurou resultados bastante significativos para a tensão máxima e o módulo de elasticidade.

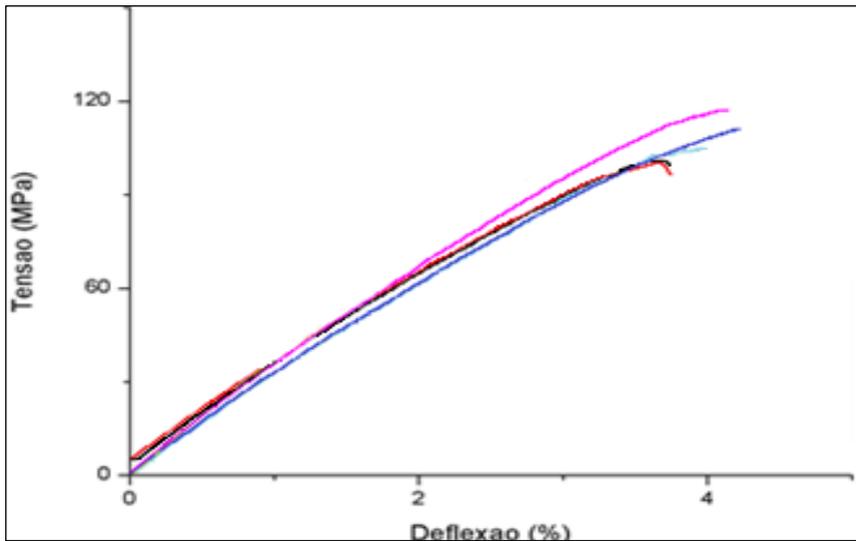
As curvas apresentadas nos Gráficos 5 e 6 são relativas ao comportamento mecânico quanto à flexão dos compósitos de PRFV com 10% e 15% de resíduos. Os CP's ensaiados apresentaram comportamentos semelhantes, mas trouxeram resultados que implicaram em perdas no módulo de elasticidade, quando comparados aos compósitos de PRFV sem resíduos.

Gráfico 5 – Ensaio de flexão PRFVCR 10%



Fonte: Elaboração própria.

Gráfico 6 – Ensaio de flexão PRFVCR 15%



Fonte: Elaboração própria.

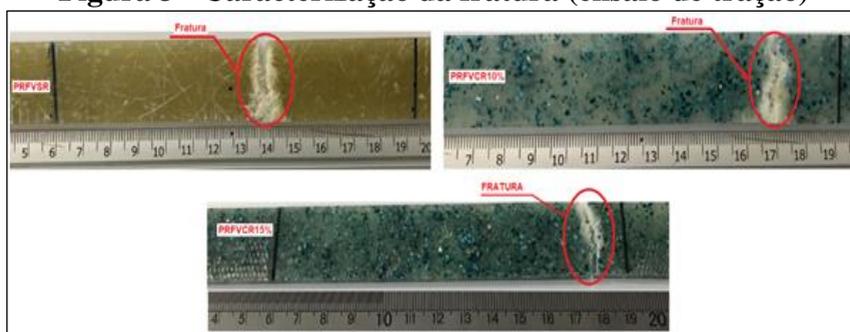
Portanto, os resultados apresentados sobre o comportamento mecânico dos compósitos de PRFV com e sem resíduos habilitam os materiais com resíduos testados a várias aplicações industriais, apesar da perda considerável de rigidez, desde que sejam obedecidas as solicitações máximas admitidas para cada finalidade.

Caracterização da fratura final

1. Ensaio de tração uniaxial

Na Figura 3, verifica-se a característica da fratura final dos corpos de prova tracionados. A partir da norma ASTM D3039 (2014), elas são classificadas como *Angled gage middle* (AGM), ou seja, são fraturas angulares dentro da área útil do corpo de prova.

Figura 3 - Caracterização da fratura (ensaio de tração)



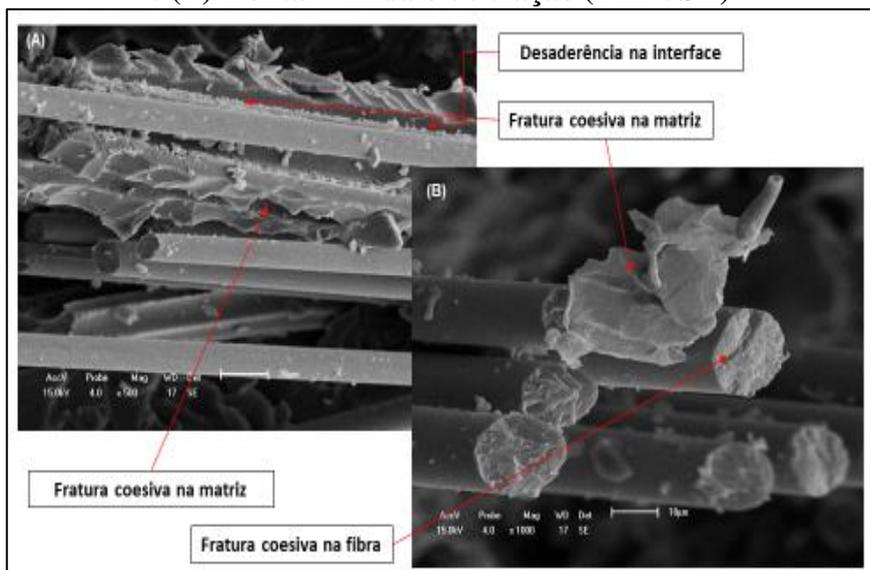
Fonte: Elaboração própria.

Nas Figuras 4, 5, e 6, as imagens foram obtidas através da microscopia eletrônica de varredura (MEV), sendo elas retiradas dos

corpos de prova nas regiões lateral e frontal da fratura, após realização do ensaio de tração uniaxial.

Logo na Figura 3, verifica-se o corpo fraturado do compósito PRFVSR, sendo possível observar a fratura coesiva tanto na fibra como na matriz; e a fratura adesiva na interface fibra/matriz, o que se evidencia pela superfície da fibra apresentar-se limpa e por causa do canal formado pela mesma interface, mesmo tipo de comportamento apresentado no trabalho realizado por Felipe *et al.* (2017) e Domingos, Felipe, Felipe e Fernandes (2019).

Figura 4 - Imagem (A) lateral e (B) frontal – Ensaio de tração (PRFVSR)

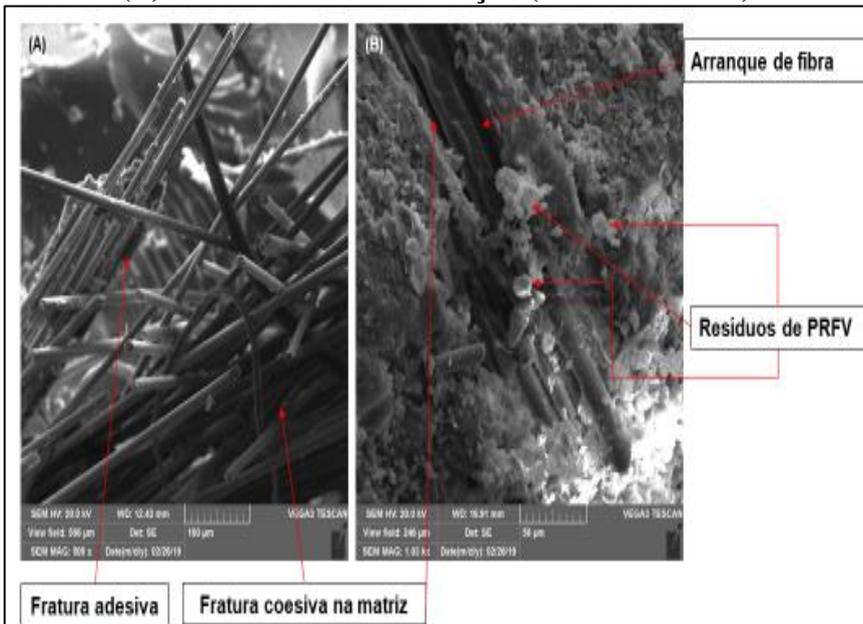


Fonte: Elaboração própria.

Na Figura 5, no corpo de prova do compósito PRFVCR 10% fraturado após ensaio de tração uniaxial, destaca-se o arranque de

fibras evidenciado pela presença de sulcos na matriz, e ainda a presença de resíduos, além da fratura coesiva na matriz e a adesiva na sua interface. Esses tipos de danos também foram apresentados nos trabalhos desenvolvidos por Santos *et al.* (2020) e Felipe *et al.* (2019).

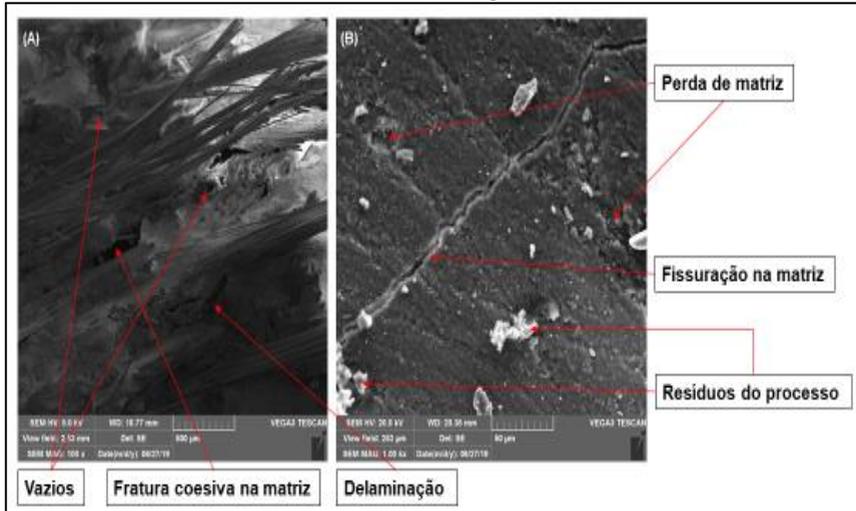
Figura 5 - Imagem (A) frontal e (B) lateral – Ensaio de tração (PRFVCR 10%)



Fonte: Elaboração própria.

Verificando-se a Figura 6, referente ao corpo de prova após ruptura no ensaio do compósito de PRFVCR 15%, fica explícita a presença de fissura matriz, de resíduos do processo, de desaderência fibra/matriz e de fissuração na matriz em direção ao material de reforço.

Figura 6 - Imagem (A) frontal e (B) lateral – Ensaio de tração (PRFVCR 15%)

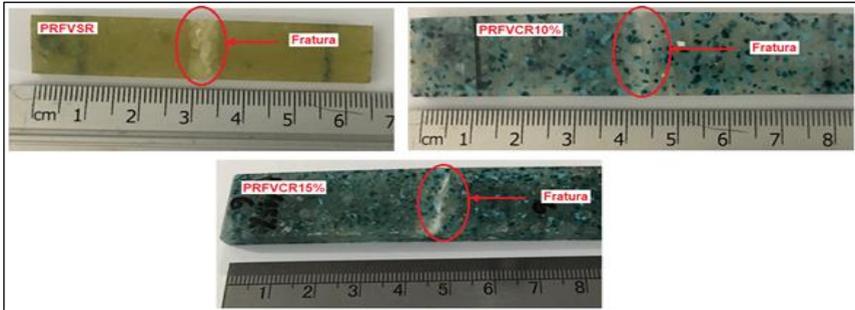


Fonte: Elaboração própria.

Diante das análises dos corpos de prova fraturados após ensaio de tração uniaxial, evidencia-se que os danos ocorridos foram os mais diversos, sendo apresentados em todos os compósitos analisados. Percebe-se, assim, que para esse tipo de carregamento a composição não influenciou na característica da fratura final do compósito.

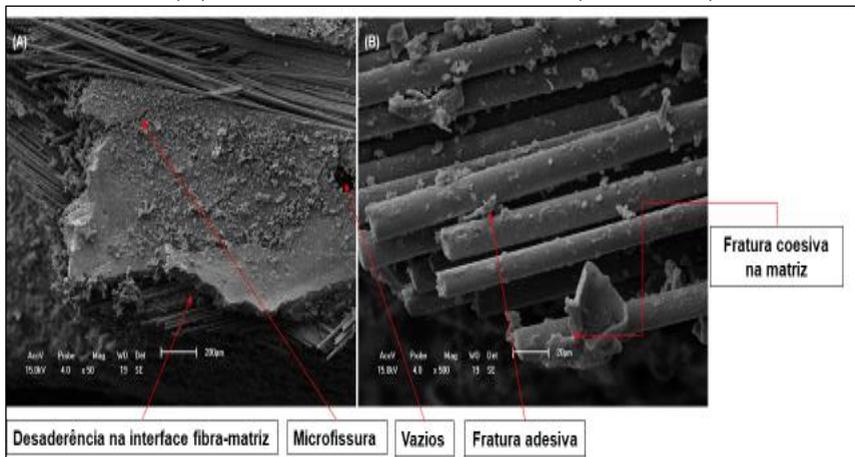
2. Ensaio de flexão em três pontos

Na Figura 7 observam-se os CP's utilizados no ensaio de flexão em três pontos e suas respectivas fraturas mecânicas. As falhas apresentadas não seccionaram os CP's completamente, característica da fratura dos compósitos reforçados com fibras.

Figura 7 - Fraturas nos CP's submetidos ao ensaio de flexão

Fonte: Elaboração própria.

Nas Figuras 8, 9 e 16, serão apresentadas as fraturas dos três compósitos, mediante captura de imagens do MEV, após ensaio de flexão em três pontos, sendo todas elas obtidas na fratura final correspondente às regiões lateral e frontal dos corpos de prova.

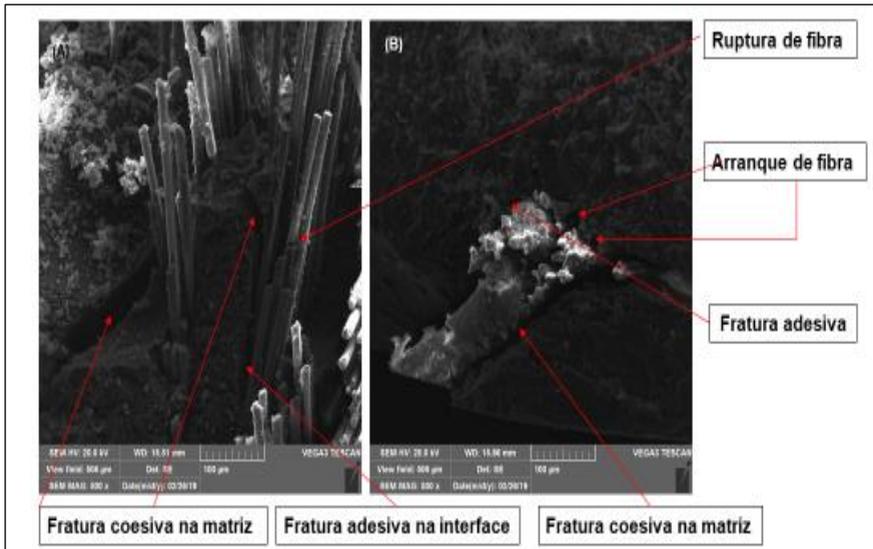
Figura 8 - Imagem (A) frontal e (B) lateral – Ensaio de flexão (PRFVSR)

Fonte: Elaboração própria.

Diante disso, na Figura 8, verifica-se microfissura na matriz, desaderência fibra/matriz, vazios e fratura coesiva na matriz; esses danos são todos bem característicos desse tipo de compósito (PRSVSR).

Na Figura 9, pode-se observar que o compósito PRFVCR 10% apresentou ruptura de fibra; arranque de fibras - evidenciado pela presença de vazios; fratura coesiva na matriz - representada pela fissura na matriz; além da desaderência fibra/matriz - evidenciada pois a superfície da fibra apresenta-se limpa.

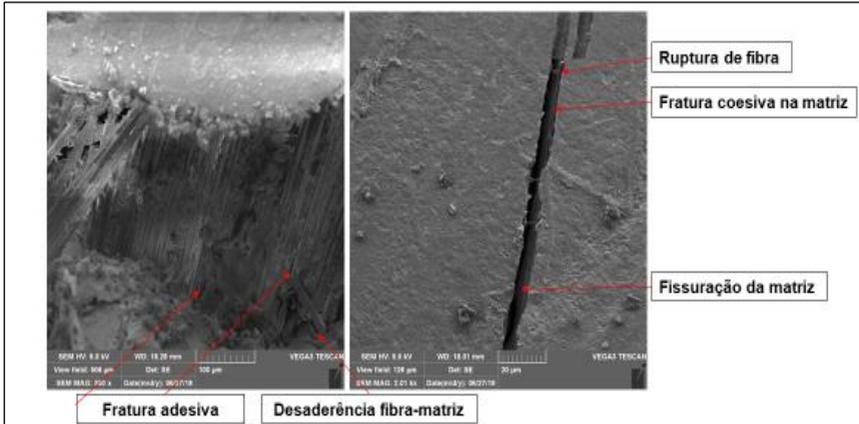
Figura 9 - Imagem (A) frontal e (B) lateral – Ensaio de flexão (PRFVCR 10%)



Fonte: Elaboração própria.

Na Figura 10, referente ao compósito PRFVCR 15%, verifica-se a fratura coesiva na matriz bem acentuada, a ruptura de fibras e a desaderência fibra/matriz.

Figura 10 - Imagem (A) frontal e (B) lateral – Ensaio de flexão (PRFVCR 15%)



Fonte: Elaboração própria.

Diante das análises dos corpos de prova fraturados após ensaio de flexão em três pontos, observa-se que os danos foram semelhantes em todos os compósitos. Porém, o dano no PRFVCR 15% referente à fratura coesiva na matriz, evidenciado pela fissura, foi especialmente marcante, sendo provavelmente causado pelo aumento do resíduo no compósito.

Com isso, após as análises aqui apresentadas, ficou evidente que adicionar o resíduo de PRFV provocou uma perda de resistência à flexão e à rigidez, já que essas partículas podem se aglomerar e com isso interferir no comportamento mecânico do compósito.

CONCLUSÕES

A partir dos resultados apresentados, pode-se concluir que adicionar os resíduos de PRFV ao compósito fez com que o material

ficasse mais leve, o que foi evidenciado pela diminuição da densidade. No que se refere ao percentual de umidade, o acréscimo de resíduo fez com que o compósito absorvesse mais umidade, devido às partículas que serviram de caminho para que a água entrasse por capilaridade no compósito.

Quando analisado o comportamento mecânico, verifica-se que tanto na tração como na flexão houve perdas nas propriedades mecânicas, porém isso não descarta o uso do compósito para fins estruturais, uma vez que se levem em consideração quais as solicitações que ele deve suportar. Quanto às características das fraturas ocorridas, elas se deram de forma semelhante em todos os corpos de prova, para cada tipo específico de carregamento.

Por fim, ressalta-se a importância do estudo aqui apresentado sobre o uso do resíduo em PRFV quando incorporado ao compósito de poliéster com fibras de vidro, mesmo com as perdas das propriedades mecânicas do material. Pois o descarte desse compósito no meio ambiente minimizará os danos ambientais, e também implicará em um menor custo com a sua colocação em aterros sanitários, além de proporcionar a diminuição do uso de fontes não renováveis.

REFERÊNCIAS

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. São Paulo: Abrelpe, 2016.

ARAÚJO, E. M.; MÉLO, T. J. A.; CARVALHO, L. H.; ALVES, K. G. B.; CARVALHO, R. S.; ARAÚJO, K. D.; SOUZA, T. L. F.; SANTOS, J. P. “Aproveitamento de resíduos de fibra de vidro provenientes de indústrias da Paraíba na produção de compósitos”.

Anais do I Congresso Brasileiro de Extensão Universitária. João Pessoa: EDUFPB, 2003.

ASOKAN, P.; OSMANI, M.; PRICE, A. D. F. “Assessing the recycling potential of glass fiber reinforced plastic waste in concrete and cement composites”. **Journal of Cleaner Production**, vol. 17, n. 9, 2009.

ASTM - American Society for Testing and Materials. **ASTM D3039**: standard test method for tensile properties of polymer matrix composite materials. West Conshohocken: ASTM International, 2014.

ASTM - American Society for Testing and Materials. **ASTM D5229/ D5229M**: Standard test method for moisture absorption properties and equilibrium conditioning of polymer matrix composite materials. West Conshohocken: ASTM International, 2014.

ASTM - American Society for Testing and Materials. **ASTM D790**: standard test methods for flexural properties of unreinforced and reinforced plastics and electrical insulating materials. West Conshohocken: ASTM International, 2010.

ASTM - American Society for Testing and Materials. **ASTM D792**: standard test methods for density and specific gravity (relative density) of plastics by displacement. West Conshohocken: ASTM International, 2013.

CASTRO, A. M.; CARVALHO, J.; RIBEIRO, M.; MEIXEDO, J.; SILVA, F.; FIÚZA, A.; DINIS, M. “An integrated recycling approach for GFRP pultrusion wastes: Recycling and reuse assessment into new composite materials using Fuzzy Boolean Nets”. **Journal of Cleaner Production**, vol. 66, 2013.

DOMINGOS, Y. S.; FELIPE, R. C. T. S.; FELIPE, R. N. B.; FERNANDES, G. J. T. “Evaluation of the environmental aging of the glass fiber-reinforced polymer composite when in contact with the effluent of a treatment plant”. **Journal of Composite Materials**, vol. 54, n. 11, 2019.

FELIPE, R. C. T. S.; FELIPE, R. N. B.; BATISTA, A. C. M. C.; AQUINO, E. M. F. “Polymer Composites Reinforced with Hybrid Fiber Fabrics”. **Materials Research**, vol. 20, n. 2, 2017.

FELIPE, R. C. T. S.; FELIPE, R. N. B.; BATISTA, A. C. M. C.; AQUINO, E. M. F. “Influence of environmental aging in two polymer-reinforced composites using different hybridization methods: glass/Kevlar fiber hybrid strands and in the weft and warp alternating Kevlar and glass fiber strands”. **Composites Part B: Engineering**, vol. 174, 2019.

LIMA, N. L. P.; FELIPE, R. N. B.; FELIPE, R. C. T. S. “Cement mortars with use of polyethylene tereftalate aggregate: a review on its sustainability”. **Research, Society and Development**, vol. 9, n. 8, 2020.

LOKESH, K. S. “Preparation and mechanical testing of e-waste glass filled polymer composites”. **International Journal of Scientific Research in Mechanical and Materials Engineering**, vol. 3, n. 1, 2019.

MATTAR, D. C.; VIANA, E. “Utilização de resíduos poliméricos da indústria de reciclagem de plástico em blocos de concreto”. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, vol. 8, n. 8, 2012.

MILANI, C. **Influência da incorporação de resíduos de policarbonato em compósitos fibra de vidro/poliéster** (Trabalho

de Conclusão de Curso de Graduação em Engenharia). Porto Alegre: UFRGS, 2015.

PIMENTEL, F. S.; XAVIER, T. P.; LIRA, T. S. “Uma revisão bibliométrica sobre a co-pirólise de biomassa e resíduo plástico”. **Research, Society and Development**, vol. 8, n. 2, 2019.

RAYMUNDO, E. A.; RIBEIRO, R. B.; CARVALHO, E. F.; DOMINGUES, B. S. M. “Análise de absorção de água em compósito de polímero reforçado com fibras naturais”. **Cadernos UniFOA**, vol. 7, n. 1, 2012.

RIBEIRO, M. C. S.; FIÚZA, A.; CASTRO, A. C. M.; SILVA, F. G.; DINIS, M. L.; MEIXEDO, J. P.; ALVIM, M. R. “Mix design process of polyester polymer mortars modified with recycled GFRP waste materials”. **Composite Structures**, vol. 105, 2013.

SANTOS, J. K. D.; CUNHA, R. D.; AMORIM JUNIOR, W. F.; FELIPE, R. C. T. S.; BRAGA NETO, J. L.; FREIRE JÚNIOR, R. C. S. “The variation in low speed impact strength on glass fiber/Kevlar composite hybrids”. **Journal of Composite Materials**, vol. 54, n. 21, 2020.

SILVA, A. S.; NACIF, G. C. L.; PANZERA, T.; CHRISTOFORO, A. L.; BATISTA, F.; MANO, V. “Incorporation of rubber wastes into thermorigid polymeric matrix composites”. **Matéria**, n. 17, 2012.

CAPÍTULO 8

*Resíduos de Azeite de Dendê Frito:
Baianas(os) de Acarajé e a Economia Circular*

RESÍDUOS DE AZEITE DE DENDÊ FRITO: BAIANAS (OS) DE ACARAJÉ E A ECONOMIA CIRCULAR³

Edna Maria Nunes

Angela Machado Rocha

Neila de Paula Pereira

Antonio Wanderson Vieira Gois

Valdir Silva da Conceição

Qualquer atividade humana gera resíduos, sendo que alguns representam perigo para o planeta e ameaça à vida. Este fato exige soluções diversificadas e imediatas, de forma a reduzir ou minimizar os efeitos nocivos para o meio ambiente, potencializando sua reutilização na geração de matérias-primas secundárias por meio da reciclagem (FILHO, 2014; REIS; FRIEDE; LOPES, 2017; CAMPOS *et al.*, 2019).

Nesse sentido, para a eficiência da disposição correta dos resíduos e o conhecimento do programa de coleta seletiva, é fundamental a educação ambiental, que se refere aos processos de construção de conhecimentos, valores sociais, atitudes, habilidades e competências para a conservação do meio ambiente, essencial para a qualidade de vida e sustentabilidade (CAMPOS *et al.*, 2019; DEUS *et al.*, 2020).

O intuito é mostrar ao cidadão o seu papel e a sua contribuição para a preservação do meio ambiente para que as

³ Os autores agradecem ao apoio institucional da Universidade Federal da Bahia (UFBA) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) para o desenvolvimento da pesquisa que resultou neste capítulo.

gerações futuras possam usufruir dos mesmos benefícios da geração atual. Uma das formas de educar as pessoas é ensinando o conceito e os benefícios dos princípios básicos: reciclar, reutilizar e reduzir.

A economia circular, também conhecida como economia restaurativa, surgiu há décadas, porém o assunto começou a ser discutido a nível global a partir de 2012, quando a Ellen MacArthur Foundation publicou vários relatórios intitulados “Em direção a uma economia circular”.

A economia linear é um sistema produtivo caracterizado pelas etapas de extração – transformação- descarte, que é o sistema utilizado pelas grandes corporações, tornando-se um modelo insustentável para o planeta, enquanto a economia circular é um contraponto e que pressupõe uma ruptura do modelo econômico linear, propondo um equilíbrio entre o sistema econômico, a sociedade e o meio ambiente, com a devolução ao ciclo produtivo dos materiais através da reutilização, redução e reciclagem.

Portanto, a economia circular base desse estudo, é um mecanismo para o desenvolvimento sustentável, que contribui com o crescimento e promove benefícios à sociedade de modo geral, envolvendo e dissociando a atividade econômica da lógica da extração, produção e descarte de recursos finitos.

Deste modo, essa estratégia se torna uma solução de sustentabilidade aplicada para aliviar os impactos ao meio ambiente, visto que é utilizada na incorporação estratégica de recuperação e reciclagem, trazendo resultados benéficos para o meio ambiente.

Os princípios da economia circular devem ser aplicados a todas as esferas de produção, independente da sua escala (ELLEN MACARTHUR FUNDADION, 2017; AZEVEDO; 2015; ANTUNES; CAMPOS; COHEN, 2019; GONÇALVES; BARROSO, 2019).

A produção do acarajé, ofício exercido pelas baianas e baianos de acarajé, é uma atividade socioeconomicamente muito importante, de reconhecido valor histórico, cultural, social e religioso, além de contribuir indiretamente na melhoria dos índices turísticos, sobretudo na cidade de Salvador/Bahia.

Essa atividade, assim como qualquer outra, produz resíduos sólidos e líquidos, como o material de apoio para embalar o acarajé e as outras iguarias do tabuleiro, produtos descartáveis como os copos utilizados para as bebidas que acompanham a degustação do acarajé, sacola plástica para levar o produto e o azeite de dendê utilizado na fritura. Os resíduos produzidos são do tipo comercial, entretanto, o tratamento é similar ao resíduo residencial, por se constituir de elementos semelhantes.

A maioria desses resíduos é reciclável e a disposição incorreta, principalmente do azeite de dendê descartado em grande volume, pode acarretar sérios problemas ambientais, como a contaminação de ecossistemas e lençóis freáticos, sanitários, como o desenvolvimento de agentes patogênicos e a própria contaminação ambiental de água e solo, e de infraestrutura, como os danos em tubulações de esgoto (BITAR, 2010; BERNARDES, 2015; GUERRA, 2019; ROCHA; GOIS; CARVALHO, 2021).

O azeite de dendê também possui outras aplicações na indústria alimentícia, farmacêutica, cosmética e de biocombustíveis (PÁDUA *et al.*, 2017; GONZALEZ-DIAZ; PATAQUIVA-MATEUS; GARCÍA-NÚÑEZ, 2021). E o seu consumo aumenta no verão, devido à temporada turística, quando a cidade de Salvador recebe milhões de visitantes, de dentro e fora do país.

Dessa maneira, as baianas(os) de acarajé geram diariamente milhares de litros de azeite de dendê residual, devido ao preparo do acarajé, o que é um grave problema, pois o principal destino desse resíduo é o esgoto comum, com potencial de gerar graves impactos.

Essa demanda gera um aumento de resíduos e, conseqüentemente, a possibilidade de ocorrer o descarte inadequado, o que acarreta poluição constante dos ecossistemas e lençóis freáticos, e pode prejudicar a saúde humana e danificar as tubulações de esgoto (GUERRA, 2019; ROCHA; GOIS; CARVALHO, 2021).

Destarte, o presente estudo objetivo verificar a relação existente entre a economia circular e o reaproveitamento dos resíduos gerados pelo azeite de dendê utilizado pelas baianas (os) após a fritura do acarajé na cidade de Salvador, no estado da Bahia.

Nesse contexto, a economia circular se torna uma solução de sustentabilidade aplicada para aliviar os impactos ao meio ambiente, visto que é utilizada na incorporação estratégica de recuperação e reciclagem, trazendo resultados benéficos para o meio ambiente.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Esta é uma revisão bibliográfica qualitativa, descritiva e exploratória. Foram levantadas informações em fontes como livros, revistas, artigos, sites, dissertações e periódicos que serviram como base para o referencial teórico abordado. Foram utilizadas palavras-chave distintas relacionadas a cada um dos temas propostos, como: economia circular (EC), azeite de dendê, leis e decretos, reaproveitamento e descarte de resíduos. Outros documentos de fontes diversas também foram utilizados para a compreensão dos aspectos de mercado, e regulatórios, sobre o tema, como os relatórios da Fundação Ellen MacArthur.

Os passos metodológicos foram os seguintes: definição das estratégias da pesquisa e palavras-chave; verificação das informações contidas nos trabalhos publicados; tratamento dos

dados obtidos; análise das informações e geração de um documento com os resultados obtidos.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O ofício das baianas de acarajé é muito antigo e remonta ao período colonial e apresenta importância cultural, social, econômica e histórica essencial. Por outro lado, o uso de óleo de dendê em suas preparações produz graves prejuízos ao meio ambiente e ao esgotamento sanitário, e as regulamentações ambientais e de desenvolvimento urbano conflitam com as atividades dessas trabalhadoras e trabalhadores (ROCHA; GOIS; CARVALHO, 2021).

Economia Circular (EC)

Não existe um conceito único para a economia circular, pois há várias escolas de pensamento e teorias, diferentes abordagens de processos, mas o que existe em comum é a noção de que o atual método de produção é baseado no consumo excessivo de recursos naturais, e alguns desses recursos são finitos e se continuarem sendo explorados de forma predatória e desenfreada, ocorrerá sua extinção e esgotamento.

E por isso, atualmente, a economia circular vem ganhando espaço no mundo, principalmente no meio acadêmico, político e empresarial, devido a visão que as pessoas e organizações têm sobre a oferta de recursos e sua eficiência para a prosperidade econômica, constituindo-se em uma solução para conciliar os conflitos existentes entre o crescimento econômico e a sustentabilidade ambiental

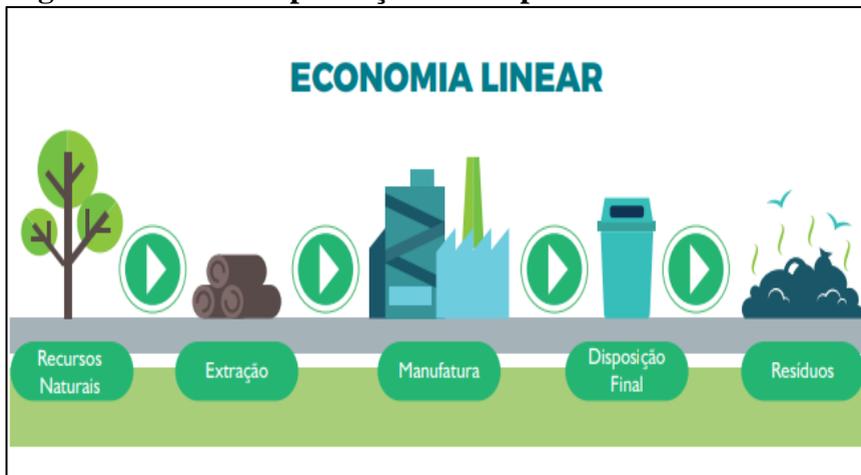
(RIZOS; TUOKKO; BEHRENS, 2017). No Quadro 1 a seguir estão algumas definições de economia circular.

Quadro 1 – Definição de economia circular

Definição	Autor
Economia circular é uma abordagem que transformaria a função dos recursos na economia. Os resíduos das fábricas se tornariam um insumo valioso para outro processo – e os produtos poderiam ser reparados, reutilizados ou atualizados em vez de jogados fora	Preston (2012, p. 1)
É uma condição essencial para um sistema industrial resiliente que facilite novos tipos de atividade econômica, fortaleça a competitividade e gere emprego	Basstein <i>et al.</i> (2013, pp. 4-5)
Refere-se principalmente aos aspectos de recursos físicos e materiais da economia – concentra-se na reciclagem, limitando e reutilizando os insumos físicos para a economia e usando resíduos como um recurso que leva à redução do consumo de recursos primários	<i>European Environment Agency</i> (2014, p. 11)
Produção e consumo de bens por meio de fluxos de materiais em circuito fechado que internalizam externalidades ambientais ligadas à extração de recursos virgens e à geração de resíduos (incluindo poluição)	Sauvé <i>et al.</i> (2016, p. 49)

Fonte: Elaboração própria. Baseada em: RIZOS; TUOKKO; BEHRENS (2017).

A economia linear tem sido o sistema dominante desde o início da Revolução Industrial, tendo como princípio o descarte como resíduo dos produtos após o seu uso, portanto, sem previsão de reutilização ou reaproveitamento, o que vai refletir no estoque natural (ANTUNES; CAMPOS; COHEN, 2019; BAPORIKAR, 2020; SMANIOTTO, 2020). O seu ciclo pode ser visto na Figura 1.

Figura 1 – Ciclos de produção de um produto: economia linear

Fonte: LIMA (2022).

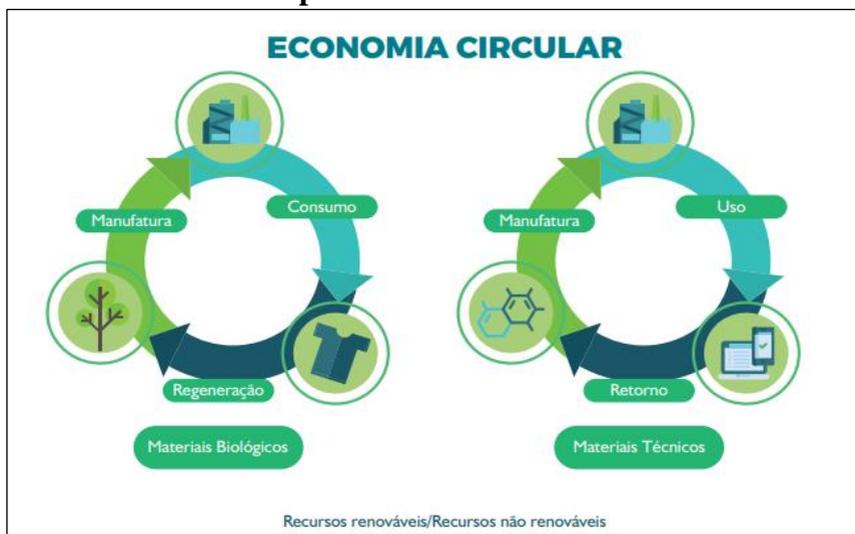
A Figura 1 mostra que na economia linear o processo é iniciado pela extração da matéria-prima, seguida da do processamento e transformação em um produto, sendo que na fase seguinte ocorre a distribuição e venda para a utilização do produto e finalmente após o uso ocorre o descarte do produto como um resíduo.

No final do século XX ocorreu a evolução da economia circular (Figura 2), onde importantes pensadores desenvolveram conceitos modernos para criar novos modelos de negócios sustentáveis (BAPORIKAR, 2020).

Surgiu para se contrapor à economia linear, evitando a geração de resíduos e poluição ao meio ambiente, sendo considerada uma estratégia que não se limita apenas à cadeia produtiva, mas pode ser aplicada a indivíduos, organizações e cidades (AZEVEDO, 2015; BAPORIKAR, 2020; RIZOS; TUOKKO; BEHRENS, 2017;

ANTUNES; CAMPOS; COHEN, 2019; SMANIOTTO, 2020; VELENTURF; PURNELL, 2021).

Figura 2 – Ciclos de produção de um produto: economia circular



Fonte: LIMA (2019).

Para assegurar a preservação do capital natural é importante investir em recursos renováveis e com alto desempenho, reduzindo os gastos com a extração dos recursos naturais. O mundo vem evoluindo com os avanços tecnológicos, aumento da produtividade e da demanda, o que requer o consumo de mais matéria-prima virgem e de energia, o que conseqüentemente gera o aumento de resíduos.

As empresas sempre buscam reduzir custos, aumentar sua lucratividade e eficiência como uma forma de se manterem “vivas” no mercado e também para se tornarem competitivas. Há também

desequilíbrio no ecossistema, tudo se transforma em energia depois que morre e esse lixo gerado não permite a sua recuperação (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2012; LIMA, 2019).

Sobre isso, a economia circular, como teve seu princípio esquematizado na figura 2, utiliza os princípios norteados pela primeira e segunda leis da termodinâmica, incorporando as funções econômicas do meio ambiente, que são: fornecedor de recursos, assimilador de resíduos e fonte de utilidade.

A primeira lei fala sobre o retorno dos recursos naturais ao meio ambiente na forma de resíduos ou emissão. Os resíduos são gerados no processamento dos recursos, na produção e no consumo. Por outro lado, a segunda lei recomenda reciclar todos os resíduos e transformá-los em recursos naturais.

Uma característica da economia circular é a utilização de resíduos de um produto como insumo para a fabricação de outro produto, o que gerará benefícios para a sociedade e melhorar a renda de quem utiliza essa máxima (RIZOS; TUOKKO; BEHRENS, 2017)

O conceito de economia circular transcende o princípio dos 4R da sustentabilidade – reduzir, reutilizar, reciclar e renovar (PEREIRA; GOMES, 2017; REIS; FERNANDES, 2021):

1. Reduzir - diminuir o consumo das coisas, reduzindo a emissão de poluentes;
2. Reutilizar - buscar novos usos para os produtos;
3. Reciclar - transformar produto usado em produto novo;
4. Renovar - utilizar matéria-prima e energia renováveis.

Posteriormente, foram sendo acrescentados, por acrescentar outros Rs, como repensar, reusar, recuperar, reaproveitar/reparar, recusar etc (VILELA, 2021). Destarte, a ideia contribui para o cumprimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 Organização das Nações Unidas (ONU), sobretudo os que dizem respeito a consumo e produção responsáveis, ação contra o aquecimento global e a preservação das vidas aquáticas e terrestres (PEREIRA; GOMES, 2017; REIS; FERNANDES, 2021; ROCHA; GOIS; CARVALHO, 2021)

A economia circular é um modelo que inclui a parte econômica, ambiental e social, baseado em três importantes princípios (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2012; AZEVEDO, 2015; ANTUNES; CAMPOS; COHEN, 2019; REIS; FERNANDES, 2021):

1. Eliminar resíduos e a poluição desde o início, para estimular a efetividade do sistema, revelando e excluindo suas propriedades negativas desde a etapa inicial, pela boa gestão de recursos, extraindo os riscos de poluição ambiental, além de intensificar ações para manter o círculo contínuo.
2. Manter produtos e materiais em uso, ao invés de apenas extrair os recursos naturais e gerar resíduos. A produção e o consumo devem ser autossustentáveis. Em um ciclo econômico fechado, o desperdício não existe, pois, os bens são recuperados e reutilizados em vez de descartados, as matérias-primas vêm da reciclagem ao invés da extração, e assim por diante.
3. Regenerar os sistemas naturais, aumentar o capital natural sem degradar o meio ambiente, porque a produção de bens e serviços resulta na destruição dos ecossistemas, então é a própria vida humana que é destruída — sobretudo a das gerações futuras que não terão esse capital natural.

De acordo com Ellen Macarthur Foundation (2015), a economia circular é baseada nos princípios do design de resíduos e poluição, mantendo produtos e materiais em uso e regenerando os sistemas naturais. A Fundação destaca ainda que uma das características fundamentais que descrevem a Economia Circular é o “Design sem resíduo”, especificando o seguinte:

Resíduos não existem quando os componentes biológicos e técnicos (ou materiais) de um produto são projetados com a intenção de permanecerem dentro de um ciclo de materiais biológicos ou técnicos, concebidos para desmontagem e ressignificação: Os materiais biológicos não são tóxicos e podem ser simplesmente, compostados.

Materiais técnicos, como polímeros, ligas e outros materiais sintéticos são projetados para serem usados novamente com o mínimo de energia e maior retenção de qualidade (ao passo que a reciclagem, como normalmente entendida, resulta numa redução da qualidade e realimenta o processo como matéria prima bruta (ELLEN MACARTHUR FUNDADION, 2015).

Nesse contexto, a economia circular é uma nova forma de pensar as cadeias produtivas, pois, prioriza o fluxo de bens e maximiza o uso dos recursos naturais, minimizando a produção de resíduos nos níveis micro e macroeconômico, inovando nos processos e modelos de negócios, na geração de empregos e estímulo ao crescimento econômico inteligente, sustentável e integrador.

Legislação

O instrumento que propicia o aumento da reciclagem e a destinação dos rejeitos está descrito na Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) Lei nº 12.305/2010, que aborda o principal

instrumento para minimizar os diversos problemas ambientais, prevendo os programas de prevenção e para a geração de resíduos.

A lei também institui as responsabilidades do gerador de resíduos e os serviços de manejo dos resíduos com a utilização da logística reversa nas fases de pré e pós-consumo, além de determinar os planos de gerenciamento dos resíduos. Os principais objetivos da lei estão definidos no artigo 7º da referida lei e são descritas a seguir:

- a) A não-geração, redução, reutilização e tratamento de resíduos sólidos;
- b) Destinação final ambientalmente adequada dos rejeitos;
- c) Diminuição do uso dos recursos naturais (água e energia, por exemplo) no processo de produção de novos produtos;
- d) Intensificação de ações de educação ambiental;
- e) Aumento da reciclagem no país;
- f) Promoção da inclusão social;
- g) Geração de emprego e renda para catadores de materiais recicláveis (BRASIL, 2010).

A referida lei foi regulamentada pelo Decreto nº 7.404/2010, que estabeleceu as normas para a execução do Plano Nacional dos Resíduos Sólidos, PNRS (BRASIL, 2010).

Nesse sentido, resíduos são definidos como partes de produtos não aproveitáveis em um determinado processo de produção ou durante o seu consumo. São itens que podem ser reaproveitados, reciclados ou podem ter outro uso (RIBEIRO *et al.*, 2018).

Podem ser diferenciados de acordo com sua apresentação física, como exemplos os sólidos como plásticos, papéis, vidros, de construção e demolição, resíduos gasosos, como gases emitidos pela indústria, meios de transporte, ou líquidos como esgoto, fluidos e óleos, que podem ser orgânicos e não orgânicos (SALINAS *et al.*, 2018).

E são classificados conforme a sua destinação: resíduos sólidos urbanos, resíduos da construção civil, resíduos com logística reversa obrigatória, resíduos industriais, resíduos sólidos do transporte aéreo e aquaviário, resíduos dos serviços de saúde, de mineração, agrossilvopastoris e domiciliares.

Além das classificações citadas, os resíduos também são caracterizados quanto ao risco trazido ao meio ambiente e à saúde humana, (ANVISA, 2004; CONAMA, 2005) e quanto aos seus constituintes e características, evidenciando substâncias cujo impacto à saúde e ao meio ambiente é conhecido, de acordo a norma NBR 10004/04, publicada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) em 2004 (ABNT, 2004).

Existe também o rejeito, que pode ser considerado resíduo, entretanto assume esta nomenclatura, quando as possibilidades de reaproveitamento ou reciclagem são esgotadas. A Análise do Ciclo de Vida (ACV) avalia os aspectos ambientais e impactos potenciais ao longo da vida de um produto, desde a extração da matéria-prima até a sua destinação final (BORGES *et al.*, 2014). Assim, em relação ao rejeito, como não é encontrada uma solução para o ciclo de vida desses detritos, a solução final geralmente é a incineração ou a destinação a aterros sanitários licenciados ambientalmente. (BRASIL, 2010)

No entanto, quando se trata do descarte de resíduos líquidos industriais, a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente -

CONAMA nº 362/2005 proíbe qualquer descarte de óleos usados ou contaminados em solos, subsolos, nas águas interiores.

Também é vetado o descarte no mar territorial, na zona econômica exclusiva e nos sistemas de esgoto ou evacuação de águas residuais. A resolução ainda estabelece que a combustão ou a incineração de óleos não são consideradas formas adequadas de destinação (CONAMA, 2005).

Outra resolução do CONAMA, a nº 430/11, para descarte de efluente, com o enquadramento dos corpos hídricos, pela Resolução CONAMA nº 357/05, estabelece padrões para lançamentos de efluentes para preservar a vida aquática, preconizando que o óleo, deve estar ausente em qualquer forma de descarte (CONAMA, 2011).

A legislação ainda recomenda a aplicação da logística reversa, que deve ser feita pelos produtores e importadores dos óleos lubrificantes. Eles são obrigados a montar postos de coleta de todo o óleo disponível ou garantir o custeio de todo o recolhimento.

A coleta de óleo lubrificante usado ou contaminado deve ser realizada na mesma proporção do óleo que for colocado no mercado conforme metas progressivas intermediárias e finais a serem estabelecidas pelos Ministérios do Meio Ambiente e Minas e Energia. Sem contar ainda que aqueles que descumprirem a resolução poderão ser enquadrados na Lei de Crimes Ambientais (Lei 9.605/1998) (BRASIL, 1998). O descarte inadequado de óleo inclusive pode gerar pena de multa.

A PNRS prevê a garantia da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, a sua operação reversa e o acordo entre os setores, isto é, os consumidores, os produtores e os entes públicos, de forma a minimizar a geração de resíduos sólidos e garantir de forma efetiva a sua reintegração ao processo produtivo.

A expectativa do governo é induzir a população a gerir os seus resíduos, propondo práticas de reutilização e de reciclagem e a sua destinação adequada, com a separação dos materiais orgânicos dos inorgânicos e entre os inorgânicos separar o vidro, metais, papel, plástico e o material não reciclável, para induzir a população a gerir os seus resíduos (BRASIL, 2010).

Ainda segundo a PNRS, resíduos sólidos são, entre outros materiais, 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, como é o caso dos óleos.

Tal legislação também define as responsabilidades dos geradores de resíduos, as metas e o planejamento entre os entes de todas as esferas, para eliminar os lixões. Esta é uma imposição para que os particulares elaborem planos para gerenciar os seus resíduos gerados.

Propõe ainda a inclusão dos catadores de materiais recicláveis, além de inserir o Brasil em nível global entre os países que atingiram as metas estabelecidas em relação às mudanças climáticas (BRASIL, 2010).

A implementação da PNRS tem sido um grande desafio, especialmente para um país de proporções continentais e de culturas tão distintas como o Brasil. O que se tem visto ao longo desses dez anos é uma evolução na realização de projetos e propostas e a necessidade de se discutir com mais seriedade a pauta ambiental. Visto que, existem iniciativas de empresas, entidades, associações, sindicatos e órgãos públicos na busca pela implementação de sistemas de logística reversa, economia circular e adoção de práticas sustentáveis (ROMEL, 2020).

Está sendo uma evolução lenta, mas que vem apresentando resultados importantes. É preciso que o setor produtivo continue se

engajando, que a população se conscientize e pressione pela implantação de pautas ambientais e que os órgãos públicos realizem de maneira efetiva a implantação de ações de incentivo. Somente com a colaboração de todos esses atores será possível promover novos avanços (ROMEL, 2020).

Cada município e estado traça os seus planos relativos aos resíduos baseados na legislação nacional e com a participação da sociedade, de forma que a responsabilidade seja compartilhada, onde o cidadão sente-se também responsável. Um plano de ações integradas é fundamental para o cumprimento das metas estabelecidas, principalmente em relação ao gerenciamento e manejo adequado dos resíduos (ROMEL, 2020).

Azeite dendê e a educação ambiental

Os princípios básicos da educação ambiental são: reduzir, reutilizar e reciclar. Reduzir significa diminuir a geração de resíduos, utilizando os recursos de forma sustentável, onde o lixo produzido seja o mínimo possível, reduzindo o desperdício dos produtos utilizados ou consumidos, tendo como benefício a preservação dos recursos naturais e redução dos custos para a coleta e separação do lixo disposto incorretamente.

Reutilizar é utilizar os mesmos objetos como reaproveitamento de embalagens que estão destinadas para outros fins, escrever nos dois lados da folha de papel, usar embalagens retornáveis entre outros.

Reciclar é a ação de separar os produtos que podem retornar para o processo produtivo e que não possam ser reduzidos e nem reutilizados, além de direcioná-lo corretamente para o seu local de descarte. Essa ação tem entre os seus benefícios a geração de

emprego, o prolongamento dos aterros sanitários, redução da poluição do solo, ar e água e conscientização ecológica entre outros.

O óleo de palma ou azeite de dendê é extraído do dendezeiro (*Elaeis guineenses Jaquim*), palmeira originária da costa ocidental da África (Golfo da Guiné) e foi introduzido no Brasil pelos negros africanos escravizados.

O dendê possui um papel relevante na composição de vários produtos relacionados a beleza, higiene e limpeza como loção, sabonete, sabão, creme, xampu, além de ser utilizado na fabricação de graxas especiais usados para lubrificação, óleo lubrificante, vela, emulsificante, detergente e tinta.

Os cinco maiores produtores mundiais de dendê são: Indonésia, Malásia, Tailândia, Nigéria e Colômbia (BITAR, 2010; CUNHA, 2013; CURVELO, 2011; WATKINS, 2015; LODY, 2018; LODY, 2020; CONCEIÇÃO *et al.*, 2020; GONZALEZ-DIAZ; PATAQUIVA-MATEUS; GARCÍA-NÚÑEZ, 2021).

Do dendezeiro são obtidos dois tipos de óleos: o óleo de palma ou azeite de dendê (*Crude Palm Oil* – CPO, denominação internacional), extraído da polpa do fruto (mesocarpo) e o óleo de palmiste (*Palm Kernel Oil* – PKO) extraído da semente ou amêndoa.

O azeite de dendê ou óleo de palma possui coloração característica que varia do amarelo ao vermelho, resultante do metabólito secundário, que é classificado como carotenóide, que representa um pigmento com propriedades antioxidantes e que é benéfico para a saúde (CUNHA, 2013; WATKINS, 2015; LODY, 2018; LODY, 2020; CONCEIÇÃO *et al.*, 2020; GONZALEZ-DIAZ; PATAQUIVA-MATEUS; GARCÍA- NÚÑEZ, 2021).

O azeite de dendê é um óleo de grande importância nutricional utilizado na culinária baiana e baseado na sabedoria ancestral trazida da África pelos negros escravizados, sendo

utilizado no preparo de pratos como moqueca, vatapá, xinxim de galinha, caruru, acarajé entre outros, conferindo-lhe sabor, aroma e cor peculiares às iguarias (LODY, 2020).

O acarajé é o principal alimento comercializado pelas baianas e baianos de acarajé no tabuleiro, recipiente onde são vendidos acarajé, abará, cocada, bolinho de estudante e passarinha, sendo frito no azeite de dendê, que após o uso torna-se impróprio para o consumo e se descartado incorretamente pode causar sérios riscos ambientais.

Reaproveitar é reusar e redistribuir um produto de forma sustentável, preservando o valor agregado na medida em que este produto é desenvolvido para ter uma vida útil. No caso do reaproveitamento dos resíduos do azeite de dendê pelas baianas e baianos de acarajé, são ensinadas técnicas de reuso para transformá-lo em sabão artesanal, evitando o descarte no meio ambiente e o novo produto gerado pode ser vendido, ajudando no orçamento desses profissionais (GUERRA, 2019).

Além disso, entre outras aplicações, é usado na fabricação de vela, na proteção de folhas de flandres, chapas de aço, fabricação de graxas, lubrificantes e artigos vulcanizados. Também é usado para a saúde da pele e cabelo, para produzir detergentes e amaciantes para roupas biodegradáveis, podendo, ainda, ser transformado em biodiesel e como potencializador de armadilhas de combate e controle de mosquitos, como o *Aedes aegypti* (GOIS; ROCHA, 2021; GOIS; ROCHA; LOPES, 2021; GUERRA, 2019).

Ofício das baianas (os) de acarajé em Salvador/Bahia

As baianas e baianos de acarajé desenvolvem uma prática de produção e venda em tabuleiro das chamadas comidas baianas, que

são feitas com o azeite de dendê. A categoria foi reconhecida em 2012 através do Decreto nº 14.191, sendo consideradas Patrimônio Imaterial da Cultura Baiana pelo Instituto do Patrimônio Artístico e Cultural da Bahia (IPAC), também reconhecida como Patrimônio Imaterial Brasileiro em 2005, pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional IPHAN (BRASIL, 2010; BITAR, 2010; MENDEL, 2019).

Ambos os reconhecimentos trouxeram grandes benefícios para o setor como a inclusão da profissão no documento de identidade e passaporte, além do registro como Microempreendedor Individual (MEI), permitindo também a solicitação de benefícios previdenciários e a contratação de funcionários para auxiliar na venda

Segundo Bernardes Júnior (2015), o ofício não se restringe apenas a atividade exercida pelas baianas, mas a sua extensão engloba outros aspectos como a tradição, os valores, os costumes e as práticas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Há pessoas em todos os segmentos sociais que têm dificuldade em destinar corretamente os resíduos e em cumprir a legislação vigente, cujos efeitos são preocupantes não só para a geração atual, mas também para as gerações futuras. Quando não há conscientização por parte dos baianos e baianas de acarajé, o descarte é feito incorretamente nos bueiros ou diretamente na areia da praia.

O descarte feito no bueiro tem o potencial de afetar o meio ambiente, com a contaminação dos recursos hídricos, lençóis freáticos ou até mesmo das praias, pois às vezes há uma ligação entre

a 9 rede de esgoto e a rede pluvial, permitindo a chegada desses resíduos nos rios, córregos e lagos, e essa condição não condiz com o mundo que se deseja

Atualmente existe conscientização por parte da sociedade e pelas baianas de acarajé sobre a importância ambiental e econômica da reciclagem do azeite de dendê, ação que é realizada pela Associação das Baianas de Acarajé, Mingau, Receptivo e Similares, ABAM, entidade fundada em 1992.

Há pessoas em todos os segmentos sociais que têm dificuldade em destinar corretamente os resíduos e em cumprir a legislação vigente, cujos efeitos são preocupantes não só para a geração atual, mas também para as gerações futuras.

A ABAM é a entidade representativa e que defende o Ofício das Baianas do Acarajé, luta pelas tradições da culinária e pela identidade das baianas de acarajé, contra a intolerância religiosa e o preconceito, pela preservação do “saber” e comercializadas de outras iguarias existentes no tabuleiro.

A entidade também luta para não deixar o acarajé se descaracterizar ou perder seu espaço dentro da diversidade cultural brasileira. A representatividade não ocorre apenas em Salvador, mas se estende para todo o Brasil e para o exterior, como a Austrália. Existem cerca de 3.500 baianas de acarajé em Salvador, mas nem todas estão cadastradas na entidade representativa.

A educação ambiental tem enfrentado diversos obstáculos como a inserção das práticas relativas ao descarte consciente como uma condição de transversalidade, a redução da geração de resíduos e a reutilização para produzir outros produtos diferentes do original, visando a preservação do meio ambiente, que vai representar um novo conhecimento, principalmente para as pessoas que possuem baixa escolaridade, tornando-o um cidadão consciente da sua

responsabilidade para deixar um mundo melhor com respeito ao meio ambiente.

O azeite de dendê é um dos ingredientes mais importantes da culinária baiana, principalmente no preparo de pratos típicos como o acarajé. Após a fritura do acarajé, o azeite de dendê torna-se impróprio para consumo, constituindo-se em um resíduo com potencial para causar impactos ambientais quando o descarte é feito de forma incorreta, sendo imperativo a sua reciclagem como uma forma de gerenciamento deste resíduo.

De uma forma geral, os resíduos produzidos e que não são aproveitados durante o processo de produção ou consumo devem ser descartados corretamente, e, por meio da economia circular, passam a ser valorizados como recurso em um novo ciclo produtivo, fechando assim o ciclo de vida útil de um produto e agregando valor ao mesmo. Isso porque o reaproveitamento é um valor que está sendo agregado ao produto, gerando um novo ciclo de vida.

Os resíduos do azeite de dendê gerados durante a fritura podem ser utilizados como matéria-prima para fabricar sabão, sendo um produto que servirá como marketing para atrair mais clientes e gerar uma renda extra para as baianas e baianos do acarajé.

Existe uma relação entre as religiões afro-brasileiras, a culinária e a alimentação, onde as comidas representam oferendas aos orixás e as diversas divindades, santos ou entidades da religião, que são denominadas de “comida de santo” e o acarajé se situa nesse campo.

O seu consumo não está diretamente ligado ao povo do candomblé, mas faz parte do cotidiano das pessoas independentemente de seu credo, etnia, cor, gênero, escolaridade, faixa etária, grupo social e econômico, principalmente os moradores da Bahia e particularmente os de Salvador.

A iguaria é feita de forma artesanal com feijão fradinho e frita em azeite de dendê fervente, produzindo resíduos que, se não forem descartados corretamente, vão gerar danos ao meio ambiente. Geralmente, os pontos de venda de acarajé são os espaços públicos, ruas, praças ou areia da praia.

O grande problema da categoria é que não há coletores nas proximidades dos pontos de venda, impossibilitando o descarte correto dos resíduos, o que gera um problema para as baianas e baianos de acarajé.

O acarajé é um alimento que tem relevância na cultura baiana, constituindo-se em um símbolo da herança religiosa dos negros africanos escravizados, também representa o empoderamento e luta das mulheres negras por liberdade.

O seu papel atual é assegurar o sustento familiar com a venda do acarajé e das outras iguarias do seu tabuleiro, e a maioria ainda trabalha realizando os afazeres domésticos e na criação dos filhos e/ou netos, além de serem responsáveis pela compra dos ingredientes para fazer a massa do acarajé, deixando de ser uma figura secundária e invisível perante a sociedade, para exercer o papel de protagonista do seu destino e da sua família, com isso há uma ruptura das dicotomias tradicionais em que cabia ao homem prover e se responsabilizar pela manutenção da sua família.

O azeite de dendê é um dos ingredientes mais importantes da culinária baiana, principalmente no preparo de pratos típicos como o acarajé. Após a fritura do acarajé, o azeite de dendê torna-se impróprio para consumo, constituindo-se em um resíduo com potencial para causar impactos ambientais quando o descarte é feito de forma incorreta, sendo imperativo a sua reciclagem como uma forma de gerenciamento deste resíduo.

A revisão de literatura permitiu verificar a inexistência de projetos exclusivos do município de Salvador e estado da Bahia

específicos para o descarte e reutilização do resíduo do azeite de dendê.

No entanto, foi possível identificar iniciativas de empresas privadas e universidades em parceria com municípios, como os projetos que incentivam o descarte adequado e reaproveitamento de óleos vegetais, com exemplo, em Salvador (BA). Iniciativas como o PROVER, Programa de Reciclagem, que conta com diversos pontos para coleta do resíduo de óleo, espalhados pelos campi e unidades da UFBA.

Existe a parceria entre a *startup* So+ma e a prefeitura de Salvador para a coleta de resíduos recicláveis, incluindo óleos vegetais, com 12 pontos já instalados. O objetivo da ação é estimular a prática da reciclagem e permitir que a população reverta à ação em benefícios.

A Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia (Coelba) incentiva o descarte sustentável de óleo, fornecendo descontos na conta de energia. O ‘Programa Cuidar’, desenvolvido pela Petrobrás, que estimula o desenvolvimento da coleta e beneficiamento de Óleos e Gorduras Residuais (OGR) por meio de parceria com cooperativas, associações e entidades de catadores na Bahia e Ceará, estados onde estão localizadas usinas de biodiesel da companhia.

Ademais, Salvador - BA e Região Metropolitana contam com o trabalho das cooperativas, dentre outras instituições, que recebem resíduos de óleo de cozinha e azeite de dendê.

Além das cooperativas, empresas privadas de reciclagem e beneficiamento de óleo, como a Biocoletar, Ômega Reciclagem e Beneficiamento de Óleo - Ômega RBO, Ecóleo, Bahia Ecologia, dentre outras, que prestam serviços na área de gestão de resíduos oleaginosos de origem residencial, condominial e comercial, atuam em Salvador - BA. Seus serviços vão desde a coleta dos resíduos na

fonte geradora a tratamento e destinação final apropriada dos mesmos.

O único projeto que aplica os princípios da economia circular especificamente ao azeite de dendê foi o projeto Baianambiental. A Universidade Federal da Bahia, UFBA, por meio do Instituto de Química, possibilitou às baianas de acarajé, indicadas pela ABAM, o aprendizado sobre a produção do sabão, através do projeto Baianambiental.

Esse processo de reutilização dos resíduos do azeite de dendê envolve uma fórmula simples e de baixo custo financeiro, utilizando soda cáustica ou hidróxido de sódio (reagente), azeite de dendê filtrado (gordura ou ácidos graxos) e água. Os sabonetes podem ser produzidos em várias cores com a adição de diferentes corantes e aromatizantes como alecrim e baunilha.

Na fabricação do sabão de resíduos do azeite de dendê, existe um compartilhamento de conhecimento sobre as etapas da produção, além de disseminar a conscientização sobre os riscos que o meio ambiente ocorre quando o descarte não é feito de forma correta. A geração de um novo produto a partir de um resíduo é um dos fundamentos da economia circular.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O azeite de dendê é um ingrediente de suma importância para a culinária baiana, principalmente para a confecção de pratos típicos, especialmente para fritar o acarajé, o que o torna posteriormente impróprio para consumo, portanto, é um resíduo, que se não for descartado corretamente pode gerar danos ao meio ambiente, entupir tubulações, contaminar o lençol freático, as praias, rios, lagos e ribeirinhos, além do solo. A reciclagem é uma forma de gerenciar o

resíduo.

Esse trabalho teve como objetivo verificar a relação entre a economia circular e o reaproveitamento dos resíduos gerados pelo azeite de dendê pelas baianas (os) de acarajé após a fritura do acarajé. Isso porque os resíduos gerados durante o trabalho dessas e desses profissionais podem se tornar um grave problema urbano na atualidade. Geralmente, são descartados em bueiros, canalização de esgoto ou nas areias da praia, fato que pode ser corriqueiro até mesmo nas residências dessas baianas e baianos de acarajé, contribuindo para contaminação do solo e dos lençóis freáticos.

Com base nos princípios da economia circular, o reaproveitamento desses resíduos representa uma ótima alternativa para reduzir os impactos ambientais e contribuir para a produção do sabão artesanal, utilizando como matéria-prima o resíduo do azeite de dendê, hidróxido de sódio e água filtrada, gerando renda adicional para essas baianas (os) de acarajé.

Neste contexto, a produção do sabão artesanal a partir dos resíduos do azeite de dendê gerados após a fritura dos quitutes comercializados pelas baianas (os) de acarajé, pode trazer benefícios para a preservação do meio ambiente e renda extra com a venda desses produtos por esses profissionais.

REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10004/04**: Caracterização e classificação dos resíduos sólidos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ANTUNES, M. C.; CAMPOS, T. M. P.; COHEN, M. “Economia circular no Brasil: fatores motivadores e barreiras para o negócio de

recuperação e reciclagem do óleo de cozinha residual”. **Anais do XLIII Encontro da ANPAD**. São Paulo: ANPAD, 2019.

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC n. 306, de 07 de dezembro de 2004**. Brasília: ANVISA, 2004. Disponível em: <www.anvisa.gov.br>. Acesso em: 01/06/2022.

AZEVEDO, J. L. “A Economia circular aplicada no Brasil: uma análise a partir dos instrumentos legais existentes para a logística reversa”. **Anais do XI Congresso Nacional de Excelência em Gestão**. Rio de Janeiro: UNILASALLE, 2015.

BAPORIKAR, N. **Handbook of research on entrepreneurship development and opportunities in circular economy**. Eastleigh: IGI Global, 2020.

BERNARDES JÚNIOR, M. **(Re)construindo identidades, práticas e representações: o ofício das baianas e baianos do acarajé na cidade de Salvador na perspectiva de gênero** (Tese de Doutorado em Antropologia). Salamanca: USAL, 2015.

BITAR, N. P. “**Agora, que somos patrimônio...**”: um estudo antropológico sobre as baianas de acarajé (Dissertação de Mestrado em Sociologia e Antropologia). Rio de Janeiro: UFRJ, 2010.

BORGES, P. H. R. *et al.* “Estudo comparativo da análise de ciclo de vida de concretos geopoliméricos e de concretos à base de cimento Portland composto (CP II)”. **Revista Ambiente Construído**, vol. 14, n. 2, 2014.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília: Planalto, 1988. Disponível em: <www.planalto.gov.br>. Acesso em: 10/07/2022.

BRASIL. **Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Brasília: Planalto, 2010. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br/>>. Acesso em: 08/02/2022.

CAMPOS, A. C. M. *et al.* “Avaliação da influência de atividades de educação ambiental na melhoria da coleta seletiva em uma instituição de ensino”. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, vol. 14, n. 1, 2019.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA n. 430, de 13 de maio de 2011**. Brasília: CONAMA, 2011. Disponível em: <www.conama.gov.br>. Acesso em: 01/06/2022.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução n. 1, de 23 de janeiro de 1986**. Brasília: CONAMA, 1986. Disponível em: <www.conama.gov.br>. Acesso em: 01/06/2022.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução n. 358, de 29 de abril de 2005**. Brasília: CONAMA, 2005. Disponível em: <www.conama.gov.br>. Acesso em: 01/06/2022.

CONCEIÇÃO, V. S. *et al.* “Prospecção tecnológica relativa ao uso do azeite de dendê como matéria-prima para a fabricação de sabão” **Anais do Encontro Nacional de Propriedade Intelectual**. Natal: UFRN, 2020.

CONCEIÇÃO, V. S. *et al.* “The impact of technology in the world of work”. **International Journal of Advanced Engineering Research and Science**, vol. 7, n. 6, 2020.

CUNHA, L. S. I. **Indicação Geográfica**: a indicação de procedência para o azeite de dendê produzido em Valença, Bahia (Trabalho de

Conclusão de Curso de Graduação em Economia). Salvador: UFBA, 2013.

CURVELO, F. M. *et al.* “Qualidade do óleo de palma bruto (*Elaeis guineensis*): matéria-prima para fritura de acarajés”. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, vol. 70, 2011.

DEUS, R. M. *et al.* “A municipal solid waste indicator for environmental impact: assessment and identification of best management practices”. **Journal of Cleaner Production**, vol. 242, 2020.

ELLEN MACARTHUR FUNDADION. “Economia Circular”. **Ellen MacArthur Foundation ANBI** [21/01/2022]. Disponível em: <<https://archive.ellenmacarthurfoundation.org/>>. Acesso em: 10/07/2022.

ELLEN MACARTHUR FUNDADION. **Uma economia circular no Brasil**: Uma abordagem exploratória inicial. Cowes: CE100 Brasil, 2017.

GOIS, A. W. V.; ROCHA, A. M. "Potencialização de armadilhas de *Aedes Aegypti* a partir de glicerina bruta residual". **Anais do Congresso Virtual UFBA 2021**. Salvador: UFBA, 2021.

GOIS, A. W. V.; ROCHA, A. M.; LOPES, A. N. "Prospecção sobre Armadilhas para Mosquitos *Aedes Aegypti* e Tecnologias Relacionadas". **Cadernos de Prospecção**, vol. 14, n. 4, 2021.

GONÇALVES, T. M.; BARROSO, A. F. F. “A economia circular como alternativa a economia linear”. **Anais do Simpósio de Engenharia de Produção de Sergipe**. Aracaju: UFS, 2019.

GONZALEZ-DIAZ, A.; PATAQUIVA-MATEUS, A.; GARCÍA-NÚÑEZ, J. A. “Recovery of palm phytonutrients as a potential market for the by-products generated by palm oil mills and refineries-A review”. **Food Bioscience**, vol. 41, 2021.

GUERRA, M. “Do dendê ao sabão: baiana de acarajé aprendem técnica de reuso do azeite”. **Portal Eletrônico UFBA** [14/04/2019]. Disponível em <www.ufba.br>. Acesso em: 21/01/22.

HAYNE, L. A.; WYSE, A. T. S. “Análise da evolução da tecnologia: uma contribuição para o ensino da ciência e tecnologia”. **Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Tecnologia**, vol. 11, n. 3, 2018.

IPHAN - Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. **Ofício das baianas de acarajé**. Brasília: IPHAN, 2005.

KHALID, M. Y. *et al.* “Recent trends in recycling and reusing techniques of different plastic polymers and their composite materials”. **Sustainable Materials and Technologies**, vol. 31, 2022.

LIMA, K. *et al.* **Economia Circular**. Rio de Janeiro: CEBDS, 2019.

LODY, R. “Dendê: com a África à boca”. **Revista Brasileira de Gastronomia**, vol. 1, n. 1, 2018.

LODY, R. **Dendê: símbolo e sabor da Bahia**. Salvador: Senac, 2020.

MENDEL, D. S. S. “O ofício das baianas de acarajé: narrativas sobre o modo de saber fazer”. **Patrimônio e Memória**, vol. 15, n. 1, 2019.

PÁDUA, M. S. S. *et al.* “In vitro rooting of tenera hybrid oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) plants”. **Revista Árvore**, vol. 41, n. 4, 2017.

PEREIRA, L. C.; GOMES, M. A. F. “4 R’s da sustentabilidade: repensar, reduzir, reutilizar e reciclar”. **EcoDebate** [19/12/2017]. Disponível em: <www.ecodebate.com.br>. Acesso em: 06/02/2022.

REIS, D.; FRIEDE, R.; LOPES, F. H. P. “Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010) e Educação Ambiental”. **Revista Interdisciplinar de Direito**, vol. 14, n. 1, 2017.

REIS, F. B.; FERNANDES, P. R. B. “A reutilização de resíduos sólidos na economia circular: estudo de caso no mercado de calçadista”. **Brazilian Journal of Development**, v.7, n. 5, 2021.

RIBEIRO, L. E. *et al.* "Desenvolvimento sustentável: descarte de resíduos oleosos em restaurantes comerciais de Maringá – PR”. **Revista Livre de Sustentabilidade e Empreendedorismo: Estudos Avançados**, vol. 3, n. 5, 2018.

RIZOS, V.; TUOKKO, K.; BEHRENS, A. “The circular economy: a review of definitions, processes and impacts”. **CEPS** [07/04/2017] disponível em: <www.ceps.eu>. Acesso em: 26/02/2022.

ROCHA, A. M.; GOIS, A. W. V.; CARVALHO, J. R. M. “Baianambiental: Inovação social e economia circular.” **Anais do IX Congresso Nacional de Extensión**. Buenos Aires: UPF, 2021.

ROMEL, B. “Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRs: a lei realmente mudou o cenário ambiental do Brasil? ” **EcoDebate** [06/08/2020]. Disponível em: <www.ecodebate.com.br>. Acesso em: 07/06/2022.

SALINAS, L. R. S. *et al.* “Sistema de Gestión de Residuos Sólidos para la Universidad Nacional de Asunción”. **La Saeta Universitaria Académica y de Investigación**, vol. 7, n. 1, 2018.

SMANIOTTO, R. A. **A integração da economia circular na noção de desenvolvimento sustentável**: o papel do estado e das indústrias na promoção da circularidade (Dissertação de Mestrado em Direito). Caxias do Sul: UCS, 2020.

TÔRRES-FILHO, A. *et al.* “Tratamento de Resíduos de Serviços de Saúde pelo processo de pirólise”. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, vol. 19, n. 02, 2014.

VELENTURF, A. P. M.; PURNELL, P. “Principles for a sustainable circular economy”. **Sustainable Production and Consumption**, vol. 27, 2021.

VILELA, C. "Os 7 R's da sustentabilidade: Repensar, Recusar, Reduzir, Reaproveitar, Reutilizar, Reciclar e Recuperar". **MIPMED** [12/05/2021]. Disponível em: <www.mipmed.com>. Acesso em: 29/06/2022.

WATKINS, C. “African oil palms, colonial socioecological transformation and the making of an Afro-Brazilian landscape in Bahia, Brazil”. **Environment and History**, vol. 21, n. 1, 2015.

CAPÍTULO 9

Gestão Estratégica

e Sustentabilidade na Engenharia Mecânica:

O Reaproveitamento de Resíduos em Oficinas em Caraúbas (RN)

GESTÃO ESTRATÉGICA E SUSTENTABILIDADE NA ENGENHARIA MECÂNICA: O REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS EM OFICINAS EM CARAÚBAS (RN)

Gilmara Elke Dutra Dias

Francisco Leoncio da Costa Linhares Filho

Os resíduos gerados têm sido problema constante nos empreendimentos das oficinas mecânicas. Para Santos (2019), no Brasil 79 milhões de toneladas, aumento de pouco menos de 1% em relação ao ano anterior. Desse montante, 92% (72,7 milhões) foram coletados. Isso significa alta de 1,66% em comparação a 2018, ou seja, a coleta aumentou em ritmo pouco maior que a geração, evidenciando que 6,3 milhões de toneladas de resíduos não foram recolhidas nesses locais.

A destinação adequada em aterros sanitários recebeu 59,5% dos resíduos sólidos urbanos coletados: 43,3 milhões de toneladas, um pequeno avanço em relação ao cenário do ano anterior. O restante (40,5%) foi despejado em locais inadequados por 3.001 municípios.

Segundo ABRELPE (2019), 29,5 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos (RSU) são destinados para lixões ou aterros controlados, porém não tem sistemas e medidas necessárias para proteger a saúde das pessoas e do meio ambiente contra danos e degradações.

Com base nesses dados, é possível perceber diversos fatores que influenciam o crescimento de resíduos na cidade de Caraúbas-RN, em especial, pelos empreendimentos no setor de motocicletas, seja pela venda de peças e/ou prestação de serviços nas oficinas mecânicas.

Um dos mais relevantes tem sido o Campus da Universidade Federal Rural do Semi-Árido/UFERSA, instalado em 2010, devido à demanda de docentes, técnicos, terceirizados e discentes que residem na cidade e necessitam desses serviços.

Além, da ampliação de outros tipos e de empreendimentos, nos quais crescem por influência da instituição de ensino, como setores de comércio, saúde, alimento, lazer e outros. As motocicletas, por sua vez demandam também pessoas e serviços de entrega, como *delivery* e serviços em geral. Esse aumento identifica ampliação de reparos e manutenções destes veículos, favorecendo o mercado do setor das oficinas mecânicas.

Nesse contexto, é perceptível a relevância da aplicabilidade dos métodos e técnicas da gestão estratégica na Engenharia mecânica. Para Lucion (2015), essa intervenção teórica facilita a sustentabilidade em vários aspectos, tais sejam: minimiza riscos de impacto ao meio ambiente (poluição), permite execução dos serviços com menos riscos à sociedade (contaminação), tem custo baixo, evita riscos futuros como multas e encargos legais e outros.

Assim, a importância da pesquisa ao uso de ferramentas estratégicas para empresas do ramo de motocicletas fundamenta-se pelo crescimento dos setores, que são responsáveis pelos resíduos gerados em seus processos.

Lucion (2015), acrescenta que no caso das oficinas mecânicas, a preocupação tem sido presente nos resíduos sólidos e líquidos, pois os serviços realizados nessas oficinas produzem elevada quantidade, devido ao uso de pneus inservíveis, óleo lubrificantes, embalagens plásticas e todo o tipo de peças e acessórios que necessitam de estratégias para o devido descarte.

Aplicar ferramentas da gestão estratégica com foco em reaproveitar resíduos sólidos e líquidos em oficinas mecânicas, depende de diversos fatores, tais sejam: forma de descarte,

armazenamento, tratamento, disposição, prestação dos serviços, uso dos produtos e outros.

O setor de motocicletas tem sido considerado como um dos mais produtores desses resíduos que degradam a qualidade do ar, solo e água, que intensificam em cidades que não há saneamento básico, coleta seletiva e aterros sanitários.

Considera-se, resíduos líquidos, troca de óleos lubrificantes e graxas, lançados em esgotos ou caixas de gorduras dos estabelecimentos; E resíduos sólidos, descartes com outros tipos de resíduos domésticos e urbanos.

A gestão estratégica na engenharia mecânica com foco nos resíduos líquidos e sólidos usada de maneira eficaz, tende a conter esses danos, bem como gerar oportunidades, evitar crime ambiental, minimiza poluição do ecossistema, danos à saúde humana, animal e vegetal.

Dessa forma, entende-se que a gestão estratégica está diretamente ligada às funções administrativas organizacionais, por meio da elaboração dos processos, implementação, execução e monitoramento dos planos estratégicos, bem como contribuir para contenção dos custos e aumento de lucros.

Assim, considera-se fundamental uso dessas ferramentas de gestão para o setor de motocicletas em estudo, por meio de base teórica, para orientação do destino do material de forma adequada, separação, acondicionamento especial e outros.

Assim, buscou-se como problema de pesquisa: Identificar métodos e ferramentas da gestão estratégica para eficácia de atuação na Engenharia mecânica com foco no reaproveitamento de resíduos em oficinas de motocicletas de Caraúbas/RN.

REFERENCIAL TEÓRICO

Como base teórica para análise dos dados coletados foram consideradas as seguintes temáticas sobre gestão estratégica com o intuito de reaproveitar resíduos, tais sejam: gestão estratégica, tipos de resíduos, reaproveitamento de resíduos em oficinas mecânicas e importância da gestão estratégica para reaproveitar resíduos em oficinas.

Relevância da engenharia mecânica em oficinas

É inegável a importância do conhecimento da Engenharia mecânica nas oficinas, pois com o conhecimento reporta visão dos processos imprescindíveis para uma gestão de sucesso. Com o suporte do conhecimento proporciona ao empreendedor reconhecer a necessidade de elaborar um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) para sua empresa (STEINER, 2010).

O PGRS definido como um instrumento de implementação da política nacional que contribui para um controle maior da destinação dos resíduos gerados (MMA, 2010). A Lei 12.305/2010 diz que o gerenciamento de resíduos sólidos é o conjunto de ações estabelecidas, sendo direta ou indireta, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequado.

A elaboração do PGRS facilita a visualização dos resíduos de uma determinada atividade, promovendo adequado controle das etapas do manejo, tendo a princípio não apenas a melhoria do ambiente como também na organização dos resíduos para a disposição final, acrescenta Steiner (2010).

Gestão estratégica

Em organizações eficazes, gestão estratégica, está relacionada ao caminho percorrido que se pretende alcançar, por meio da organização e implementação da missão, visão, valores, cultura, objetivos e outros (ELIAS; RUIZ, 2016). Barbosa e Texeira (2003), relatam que, o empresário e ou empreendedor das pequenas e médias empresas (PMEs) são na maioria das vezes, principais responsáveis pelo comportamento estratégico e processamento das informações oriundas do ambiente.

A necessidade de implementar a gestão estratégica se concentra nos gestores, cuja intuição, muitas vezes, depende o êxito ou fracasso da empresa. Todavia, mudanças são perceptíveis quando se busca introduzir novas tecnologias, qualifica recursos humanos, melhora qualidade dos produtos, adota preços competitivos e outros.

A visão otimista é explicada pela existência de mercado, pelo reduzido número de empresas no setor e/ou pelo fato do produto estar sendo utilizado como substituto por outro, bem como planos para expandir e/ou diversificar atividades e consciência das necessidades de novos vetores de crescimento e/ou diversificação (BARBOSA; TEXEIRA, 2003).

Tipos de resíduos

A ISO 14000 (2004), estabelece conjunto de medidas e procedimentos que, se bem aplicados, permitem reduzir e controlar impactos ambientais produzidos por uma organização. As atividades desenvolvidas por oficinas mecânicas, relacionadas à reparação de veículos automotores, geram diferentes tipos de resíduos sólidos e

efluentes que precisam de tratamento adequado para que seu descarte não cause danos ao meio ambiente e a saúde pública.

É importante que oficinas sigam normas e identifique corretamente tipos de resíduos produzidos para destinação adequada, tanto para resíduos sólidos quanto para efluentes líquidos (ABRELPE, 2019). Os resíduos sólidos são classificados, segundo a NBR-10.004 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), de acordo com características de periculosidade apresentada, sendo: Classe I (perigosos) ou Classe II (não-perigosos).

E são subdivididos em: Classe II A – Inertes e Classe II B – Não inertes. Para que um resíduo seja apontado e considerado perigoso, ele deve apresentar uma ou mais das seguintes características: inflamabilidade, corrosividade, reatividade toxicidade e patogenicidade. Os resíduos classe II – Não Perigosos são divididos em inertes e não inertes, sendo considerados resíduos classe II-A (Não inertes), os resíduos que apresentam propriedades como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.

Nesse contexto Abrelpe (2019), acrescenta que resíduos classe II B (inertes), são todos os resíduos que quando mostrados de forma representativa, não tiverem constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

Reaproveitamento de resíduos em oficinas

Segundo Almeida (2020), materiais que geram resíduos frequentes em oficinas mecânicas são pneus usados, óleos lubrificantes queimados, ferro de peças como kit transmissão, guidons, embalagens plásticas e estopas. Foi detectado um problema

com a destinação final dessas matérias que, além do fator ecológico que pode haver contaminação ao meio ambiente, podem ser recicladas gerando retorno financeiro para o proprietário.

Marques (2017), afirma que, grande parte dos resíduos gerados no segmento são aptos para serem reciclados ou reaproveitados na própria atividade. Porém, a realidade constatada revela inclinação para descarte irregular dos resíduos da atividade no geral, sendo a maioria destinados para aterro sanitário compartilhado do município.

Contando que a cidade em questão oferece estrutura favorável e abrange o setor comercial no programa de coleta seletiva, é notável a inconsistência da participação das oficinas mecânicas nesse serviço. Tal fato é justificado pela ausência de interesse das empresas, somado ao fato de que alguns proprietários não têm conhecimento de que sua respectiva atividade também está inclusa no programa.

De acordo com Nunes (2012), entre resíduos gerados, estão estopas sujas, flanelas, embalagens e principalmente, óleos usados ou contaminados. Para os dois primeiros, o destino para 86% das oficinas é o lixo comum. Para embalagens esse número chega a 71% das oficinas.

Já para óleo usado ou contaminado, apenas 64% declararam que enviam resíduos para empresas de reciclagem. Linhares *et al.*, (2019) analisando aspectos sociais e ambientais das oficinas mecânicas da cidade de Caraúbas-RN, observou que há discrepância nas informações levantadas nos bairros.

Constatou-se que não há participação dos empreendedores das oficinas mecânicas em ação ambiental, e que somente um bairro estudado 33% dos entrevistados não estão cientes dos riscos ambientais pelo descarte incorreto dos produtos; e mais de 75% das

oficinas mecânicas não são fiscalizadas por órgãos públicos e 33% das oficinas no centro da cidade não existe alvará de funcionamento.

Em um estudo sobre armazenamento e descarte dos resíduos gerados nas oficinas mecânicas da cidade de Caraúbas-RN, Linhares *et al.*, 2019, obteve-se que grande parte dos resíduos gerados nas oficinas mecânicas da cidade de Caraúbas, são destinados juntamente com os resíduos domésticos para o lixão a céu aberto da cidade.

Que há diferentes modos de armazenamento dos resíduos das peças quebradas nas oficinas, isto é, em espaços internos e externos ao estabelecimento; também há diferentes formas de armazenar os pneus descartados, grande percentagem em espaços inadequados, proporcionando fontes de acúmulos de contaminantes ao meio social e ambiental.

E ainda que em todos os bairros estudados, a maioria dos resíduos de pneus são vendidos e somente no Centro 16,7% são reutilizados, como também as peças mecânicas quebradas, onde na maioria das oficinas estudadas são vendidas e somente 33,6% vendem e ou reutilizam, e 16,7% são destinadas junto ao resíduo doméstico para o lixão da cidade.

Detectou-se um fator preocupante na cidade de Caraúbas para o meio ambiente, tendo em vista que 100,0% das oficinas mecânicas existentes nos bairros Alto de São Severino, Leandro Bezerra, Centro e em 75,0% do Sebastião Maltez, as estopas contaminadas são levadas pela coleta pública de lixo para o lixão do município, acrescenta Linhares *et al.* (2019).

Assim, verificou-se que a maior parcela das oficinas mecânicas existentes na zona urbana do município de Caraúbas-RN, necessitam de ações de educação ambiental para se conscientizarem dos danos irreversíveis que o descarte incorreto de óleos

lubrificantes, graxas e estopas contaminadas podem causar ao meio ambiente (LINHARES *et al.*, 2019).

Importância da gestão estratégica para reaproveitar resíduos em oficinas

De acordo com Drumm *et al.* (2014), a realização do gerenciamento dos resíduos sólidos adequado, auxilia na redução de impactos ao meio ambiente ocasionado pelas oficinas mecânicas.

Foi observado que maiores falhas estavam no acondicionamento e armazenamento dos resíduos na oficina, onde com algumas melhorias baseadas em ações e medidas simples e de baixo custo ter-se-ia melhora no gerenciamento dos resíduos. A correta gestão dos resíduos sólidos proporciona desenvolvimento econômico aliado à preservação do meio ambiente.

Para Santos (2014), o processo logístico mapeado e estruturado é o primeiro passo do gerenciamento eficaz dos resíduos gerados em oficina mecânica.

O sistema de descarte apresentado pelas oficinas se mostra de acordo com a lei e não prejudicial ao meio ambiente, principalmente no que diz respeito ao descarte do óleo e das peças metálicas.

Assim, torna-se necessário a fiscalização na geração de multas pelo não cumprimento da lei, mas também na orientação de como deve ser realizado o descarte e alerta sobre o risco à saúde pública e aos danos ambientais causados.

Implicações dos resíduos das oficinas mecânica

Cabe ao poder público grande parte do dever de gerenciar resíduos sólidos. No entanto é de responsabilidade do proprietário descartar e armazenar resíduos sólidos e líquidos gerados no estabelecimento para coleta e destinação final pelos serviços municipais.

Costa e Maia (2015), agrumentam que elaborar planos de gerenciamento dos resíduos sólidos em oficinas mecânicas tem sido relevante, como exemplo, do Rio Verde Goiás.

Que encontrou em atividades evidenciadas geração desses resíduos em teste de rotação do motor, troca de óleo dos veículos, limpeza de peças dos motores, troca do filtro de óleo, de combustível, e serviços de suspensão, sendo esses, causadores de resíduos, conforme quantia de veículos verificados dentro da oficina.

ORGANIZAÇÕES EM ESTUDO

O estudo foi realizado em oficinas mecânicas da cidade de Caraúbas no estado do Rio Grande do Norte, localizado na Mesorregião do Oeste Potiguar, no qual apresenta Índice de Desenvolvimento Humano - IDH médio de 0,638, geograficamente, apresenta área de 1.132,86 km², com densidade 18,89 hab./km² e uma população estimada de 20.707 habitantes (IBGE, 2017), e tem clima quente e semiárido, com máxima de 32°C.

METODOLOGIA DA PESQUISA

Pesquisa bibliográfica nas principais fontes: livros, artigos, periódicos e teses. Bem como, pesquisa exploratória e descritiva, com finalidade de melhor análise dos objetivos. O desenvolvimento do trabalho foi por meio da pesquisa de campo, com aplicação de questionários, análise e sistematização dos resultados, nos quais postos no trabalho em forma de gráfico.

Na coleta de dados, por meio de questionários, buscou entender principais dificuldades e condições do setor. De um universo de 100% dos empreendimentos no setor de motocicletas da cidade em estudo, foi possível obter 100% da amostra, sendo esses gestores e colaboradores de cada empreendimento em estudo.

O levantamento dos dados foi na zona urbana do município, que abrange dentro da amostra (dez oficinas mecânicas), nos principais bairros da cidade: Leandro Bezerra, Alto da liberdade, Sebastião Maltez e Centro (bairro mais populoso; menos assistidos pelas políticas públicas; bairro de classe social média; e mais assistido pelas ações públicas, respectivamente). Nesses investigados nas oficinas mecânicas a forma de armazenagem dos resíduos gerados e o seu descarte.

O método técnico foi análise de dados de forma quantitativa. Análise e sistematização dos resultados, nos quais foram postos no trabalho em gráficos, segundo a concepção da amostra em estudo. A construção desta pesquisa foi por meio do método científico hipotético-dedutivo, que consiste na dedução das dificuldades dos empreendimentos.

Na análise, foi adicionado para cada gráfico sugestões e/ou propostas de soluções para cada problema encontrado. Os dados obtidos no estudo foram sistematizados e discutidos de acordo com

a NBR 10004 e Resolução CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) nº 362, de 23 de junho 2005.

RESULTADOS

Os resultados dessa pesquisa são baseados na aplicação do questionário e coleta de dados. Nessa etapa serão apresentados em sequência para cada gráfico os seguintes pontos: resultados em percentuais no gráfico e propostas de soluções para cada resultado.

A quantidade dos questionários aplicados por bairros nas oficinas mecânicas de motos sobre a questão de aproveitamento de resíduos sólidos na cidade de Caraúbas, no total foram aplicados dez questionários em diferentes bairros da cidade.

O Centro obteve o maior número de empreendimentos consultados (cinco), visto ser o local com maior concentração de oficinas mecânicas de motos, seguido pelo Bairro do Leandro Bezerra (três), o bairro mais populoso da cidade; e nos Bairros do Sebastião Maltez e Alto de São Severino, somente um estabelecimento consultado, evidenciando uma população com poder aquisitivo, ter aquisição de veículo automobilístico e carência de oficinas, respectivamente.

Nos resultados sobre reaproveitamento de resíduos sólidos em estudo, nesse, para 90% engenheiro pode contribuir em inovações tecnológicas e motos eficientes; 10% acreditam que a tecnologia pode tornar eficiente o trabalho. Sobre conhecimento da gestão estratégica, para 50% afirmaram que têm; 10% não; e 40% não souberam responder.

Quando indagados por que a gestão estratégica pode ser importante à empresa? A maioria dos proprietários, cerca de com 60%, consideram melhoria em vendas; 30% eficácia na gestão; 10%

em todos os processos e geração de lucratividade. Após serem questionados se usavam algum tipo de método de gestão estratégica, a maioria de 80% respondeu marketing e promoções; 10% algum método; 10% que não.

Sobre como a gestão estratégica pode ser eficaz na engenharia mecânica, 70% melhoria da organização e pelo conhecimento; 30% não souberam responder. Para 100% estratégia de gestão pode melhorar o rendimento financeiro e ecológico das oficinas, pelo reaproveitamento de insumos produzidos, caso seja gerido da forma devida, por meio da orientação do engenheiro. Assim, considera que os resíduos que podem ser reaproveitados e vendidos nas oficinas, em especial, são óleo, borracha, plástico, ferro, alumínio, baterias entre outros.

Sobre os danos ambientais devidos aos resíduos sólidos produzidos pelas oficinas, 80 % que causam; 20% que não, pois o lixo é coletado pelos caminhões do lixo da prefeitura. Sobre dano à sociedade pelos resíduos 60% afirmaram sim; 20% responderam que não; e 20% não souberam opinar.

Sobre como eles classificavam danos ambientais e sociais causados pelos resíduos de suas oficinas, 90% responderam poluição de rios, seus recursos hídricos, poluição visual pelo descarte inadequado em frente às oficinas, poluição do ar pelo mau cheiro ocasionado pelo óleo queimado, e o aparecimento de animais e insetos que se abrigam nesses resíduos; os outros 10 % não souberam opinar.

Nos bairros de Caraúbas-RN pesquisados existem cinco oficinas no centro, no bairro Sebastiao Maltes, poucas por ser bairro de classe média alta (não tem concentração de motos), no bairro Leandro Bezerra, mais populoso concentram várias oficinas, no bairro Alto de São Severino, apenas uma oficina, por possuir menos moradores, e por ser próximo ao centro da cidade. Analisando

oficinas do centro da cidade respostas foram similares em resultados, divergindo minimamente e consolidando problemas que possuem em suas oficinas são os mesmos.

A divergência maior foram questões de conhecimento estratégico, conhecimentos na área da Engenharia mecânica e na atuação do engenheiro em suas oficinas, mostrando o pouco conhecimento de uns.

No bairro Sebastiao Maltes, apenas uma oficina entrevistada, de maneira geral, com os mesmos problemas e gerando os mesmos resíduos sólidos passíveis de reciclagem em relação as outras oficinas, vale apenas enfatizar a questão que demonstrou menor conhecimento e interesse em relação aos danos ambientais e sociais que o empreendimento pode ocasionar.

De maneira parecida à oficina do barro Alto de São Severino, também se mostrou omissa em conhecimento sobre a gestão estratégica e como o engenheiro pode atuar em seu ramo comercial, mas se mostrou consciente aos danos causados pelos seus empreendimentos ao meio ambiente e social.

No Leandro Bezerra o bairro com mais habitantes, da mesma forma que no Centro as respostas foram parecidas, divergindo em poucas, a diferença maior foi em relação ao conhecimento estratégico, onde apenas um proprietário respondeu que tinha algum conhecimento sobre a área, enquanto outros dois responderam que possuíam pouco conhecimento, mas não foi claro. Comparando os bairros, pode-se concluir que as oficinas do Centro estão pouco à frente sobre organização e conhecimento ambiental.

Sobre classificação de acordo com a norma da ABNT NBR 10004 de resíduos sólidos, citados pelos proprietários das oficinas mecânicas de motocicletas de Caraúbas passíveis de reaproveitamento. Os resíduos identificados de maneira unanimem em todas as oficinas mecânicas de motos foram: bateria, pneu, óleo,

plástico, ferro, alumínio e papelão. Cada resíduo foi classificado pelo grau de risco de acordo com a norma da ABNT NBR 10004, no quadro 1.

Quadro 1 – Classificação dos resíduos sólidos segundo as Normas da ABNT 2004, passíveis de reaproveitamento nas oficinas mecânicas na cidade Caraúbas –RN

Resíduos Sólidos	Classificação	
	Classe I –Perigosos	Classe II - Não Perigosos
Plástico		Inerte
Alumínio		Inerte
Ferros		Inerte
Óleo	Perigoso I – Toxicidade	
Borracha		Inerte
Bateria	Perigoso I - Corrosividade	
Papelão		Não inerte
Cobre		Inerte
Pneu		Inerte
Flanela		Inerte

Fonte: Elaboração própria.

Observa-se que a maioria dos resíduos citados são classificados como inertes (plástico, alumínio, ferros, borracha, cobre, pneu e flanela), conceituados como quaisquer resíduos que, quando amostrados de forma representativa, segundo a ABNT NBR 10007, e submetidos a contato dinâmico e estático com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, conforme ABNT NBR 10006, não tiverem constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor (Figura 3) resíduos sólidos inertes .

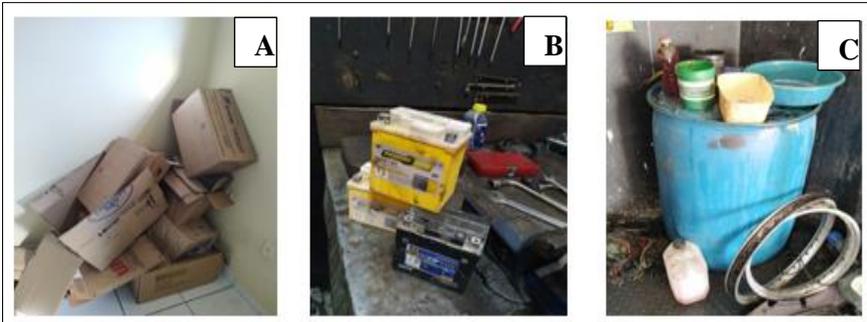
Figura 3 – Resíduos sólidos inertes encontrados nas oficinas mecânicas da cidade de Caraúbas-RN



Fonte: Elaboração própria.

Foi classificado como não inerte somente o resíduo papelão que podem ter propriedades, tais como: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água (Figura 4A). A figura 4A mostra exemplos de resíduos sólidos não inertes encontrados nas oficinas mecânicas da cidade de Caraúbas-RN.

Figura 4 – Resíduos sólidos perigosos (corrosivo) encontrados nas oficinas mecânicas da cidade de Caraúbas-RN



Fonte: Elaboração própria.

Com relação aos resíduos classificados como perigosos foram citadas as baterias como corrosivas e o óleo como tóxico, como mostra a figura 4B. Resíduos sólidos perigosos (tóxico) encontrados nas oficinas mecânicas da cidade de Caraúbas-RN.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considera-se inicialmente que 90% dos proprietários analisados acreditam que processos podem ser eficazes através da atuação do engenheiro mecânico. Sobre aplicação do conhecimento em gestão estratégica 50% entendem. Nessa mesma análise no bairro do Centro 80% dos gestores conhecem sobre gestão estratégica. Cerca de 60% dos entrevistados afirmam importante a gestão estratégica para aumento das vendas.

Isso ressalta que apesar no nível de conhecimento menor sobre gestão estratégica, 80% dizem usar algum tipo de método, ou ferramenta. No bairro Alto de São Severino desconhecem sobre o assunto. Porém, para 70% a gestão estratégica pode contribuir para melhoria da organização.

Constatou-se que todos os entrevistados do Centro, Sebastião Maltes, Leandro Bezerra e Alto de São Severino acreditam que a gestão estratégica poderia contribuir para o reaproveitamento de resíduos líquidos e sólidos de forma eficaz, colaborando para gerenciamento, vendas e coleta de reciclados.

Do mesmo modo 100% dos entrevistados citaram baterias, pneus, óleo queimado, ferro, alumínio e plásticos em geral como resíduos gerados na oficina passíveis de reaproveitamento. Ressalta-se que muitos dos resíduos identificados podem ser reaproveitados como pneus em confecção de artesanatos, compósitos para produção de materiais e agregados graúdos para insumos da construção civil.

Os resíduos de ferros e alumínio são reciclados para fabricação de novos materiais e os plásticos em gerais para reuso em embalagens de várias naturezas.

Foi verificado que os resíduos identificados se classificam de acordo com as Normas da ABNT 2004 em: Classe I- perigosos (óleo apresentando toxicidade e bateria como corrosível) e Classe II - não perigosos inerte (plástico, alumínio, ferro, borracha, cobre, pneu e flanela) e somente na Classe II - não perigosos não inerte, o papelão. Percebe-se que os resíduos gerados nas oficinas mecânicas são de diferentes naturezas e que reportam riscos maiores ou em menores graus para a sociedade e meio ambiente.

É importante ressaltar o risco dos resíduos de óleos e baterias que causam para sociedade e meio ambiente. Os óleos, devido à sua toxicidade quando descartados incorretamente nos esgotos, em cidades onde não há saneamento básico reporta consequências danosas para a sociedade.

E as baterias pela corrosividade, liberando metais pesados, favorecendo consequências danosas ao meio ambiente, como a contaminação do solo e água. Entretanto, ressalta-se que todos os riscos dos resíduos identificados seriam reduzidos com o tratamento adequado, como a coleta seletiva, triagem, descarte correto e disposição final em aterro sanitário. Esses, orientados para cada gestor analisado.

REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO 14001**: Sistemas de Gestão Ambiental – Especificação e diretrizes para uso. Rio de Janeiro: ABNT, 1996.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO 14001**: Sistemas de Gestão Ambiental – Especificação e diretrizes para uso. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10.004**: Resíduos sólidos – Classificação dos resíduos sólidos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, para que possam ser gerenciados adequadamente. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**. São Paulo: ABRELPE, 2019.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10007**: Amostragem de resíduos. Rio de Janeiro, 1987.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10006**: Solubilização de resíduos: procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1987.

BARBOSA, J. D.; TEIXEIRA, R. M. “Gestão estratégica nas empresas de pequeno e médio porte”. **Caderno de Pesquisas em Administração**, vol. 10, n. 3, 2003.

BRASIL. **Lei n. 12.305, de 02 de agosto de 2010**. Brasília: Planalto, 2010. Disponível em: <www.planalto.gov.br>. Acesso em: 23/09/2022.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução n. 362, de 23 de junho de 2005**. Brasília: CONAMA, 2005. Disponível em: <www.conama.gov.br>. Acesso em: 23/09/2022.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2010. Disponível em: <www.mma.gov.br>. Acesso em: 23/09/2022.

COSTA, D. S.; MAIA, C. H. “Elaboração de um plano de gerenciamento de resíduos sólidos para uma oficina mecânica de Rio Verde Goiás”. Anais do I Congresso Brasileiro Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia. Diamantina: COBICET, 2020.

ELIAS, S. de M.; RUIZ, T. R. **O planejamento estratégico dentro do conceito de administração estratégica** (Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em administração). Serra: Doctum, 2016.

GERHARDT, A. E *et al.* “Diagnóstico para o gerenciamento dos resíduos sólidos em oficina mecânica: estudo de caso em concessionária do município de Frederico Westphalen – RS”. **Revista Monografias Ambientais**, vol. 14, n. 1, 2014.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Brasileiro de 2017**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022.

LINHARES, E. L. R. *et al.* “Aspectos sociais e ambientais das oficinas mecânicas da cidade de Caraúbas – RN”. **Anais do X Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**. Fortaleza: UFC, 2019.

LINHARES, E. *et al.* “Estudo sobre armazenamento e descarte dos resíduos gerados nas oficinas mecânicas da cidade de Caraúbas - RN”. **Anais do X Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**. Fortaleza: UFC, 2019.

LINHARES, E. L. R.; ALMEIDA, J. C.; LUCAS FILHO, A. “Gerenciamento dos resíduos gerados em oficinas mecânicas na cidade de Caraúbas - RN. **Anais do I Congresso Brasileiro**

Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia. Diamantina: COBICET, 2020.

LUCION, E. V. *et al.* “Gestão de resíduos sólidos – intervenção para melhoria dos processos em uma oficina mecânica. **Anais do IV Simpósio Internacional de Gestão, Projetos, Inovação e Sustentabilidade.** São Paulo: SINGEP, 2015.

MARQUES, I. C. L. **Sustentabilidade, diagnóstico ambiental e gestão dos resíduos sólidos de oficinas mecânicas, um estudo de caso na cidade de Ouro Branco - MG** (Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Engenharia Ambiental). Ouro Preto: UFOP, 2017.

NUNES, G. B.; BARBOSA, A. F. F. “Gestão dos resíduos sólidos provenientes dos derivados de petróleo em oficinas mecânicas da cidade de Natal/RN”. **Anais do Encontro Nacional de Ciência e Tecnologia.** Campina Grande: UFPB, 2012.

SANTOS, J. O. *et al.* “Resíduos da indústria da construção civil e o seu processo de reciclagem para a minimização dos impactos ambientais”. **Revista Ciências Exatas e Tecnológicas**, vol. 1, n. 1, 2014.

SANTOS, M. S. **Processo logístico de oficinas mecânicas: abordagem na sustentabilidade** (Trabalho de Conclusão de Curso de graduação em Administração). Brasília: UnB, 2019.

STEINER, P. A. **Gestão de resíduos sólidos em centros comerciais do município de Curitiba-PR** (Dissertação de Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental). Curitiba: UFPR, 2010.

SOBRE OS AUTORES

SOBRE OS AUTORES

Adeilton Pereira Maciel é professor da Universidade Federal do Maranhão (UFMA). Mestre e doutor em Química pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). E-mail para contato: ap.maciel@ufma.br

Alexander Machado Cardoso é professor da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). Doutor em Química Biológica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). E-mail para contato: amcardosopf@yahoo.com.br

Ana Luiza Felix Severo é graduada em Direito. Especialista em Ciências Jurídicas. Mestre em Direito Constitucional. Doutora em Recursos Naturais pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). E-mail para contato: analuzafelix@yahoo.com.br

André Cristiano Silva Melo é professor da Universidade do Estado do Pará (UEPA). Mestre e doutor em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). E-mail para contato: acsmelo@uepa.br

Angela Machado Rocha é professora da Universidade Federal da Bahia (UFBA). Doutora em Energia e Ambiente pela Universidade Federal da Bahia (UFBA). E-mail para contato: anmach@gmail.com

SOBRE OS AUTORES

Antonio Erlindo Braga Junior é professor da Universidade do Estado do Pará (UEPA). Doutor em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). E-mail para contato: erlindo@uepa.br

Antonio Wanderson Vieira Gois é graduando em Medicina pela Universidade Federal da Bahia (UFBA). Bolsista de Iniciação Tecnológica do CNPq. E-mail para contato: antoniowandersongois@gmail.com

Cristina Gomes Soares da Silva é graduada em Engenharia Agrônoma. Mestre em Agroecologia. Doutoranda em Biotecnologia pela Universidade Federal do Maranhão (UFMA). E-mail para contato: cristinagsdasilva@gmail.com

Denilson Ricardo de Lucena Nunes é professor da Universidade do Estado do Pará (UEPA). Doutor em Engenharia de Produção pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-RJ). E-mail para contato: denilson.nunes@uepa.br

Edna Maria Nunes é graduada em Direito. Mestranda em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação pela Universidade Federal da Bahia (UFBA). E-mail para contato: ednamnunes@hotmail.com

SOBRE OS AUTORES

Eliana Dantas Ribeiro é graduada em Engenharia Civil. Especialista em Engenharia Geotécnica e Gerenciamento de Resíduos Sólidos. Mestranda em Geotecnia pela Universidade Federal do Ceará (UFC). E-mail para contato: elianadr@alu.ufc.br

Elói Martins Senhoras é economista, cientista político e geógrafo. Doutor em Ciências. *Post-doc* em Ciências Jurídicas. Professor da Universidade Federal de Roraima (UFRR). Pesquisador do *think tank* IOLEs. E-mail para contato: eloisenhoras@gmail.com

Fabiana dos Reis de Carvalho é graduado em Engenharia de Produção pela Universidade do Estado do Pará (UEPA). Área de interesse de pesquisa: Engenharia de Produção. E-mail para contato: fabianacarvalho14@yahoo.com.br

Francisco Leonicio da Costa Linhares Filho é graduado em Ciência e Tecnologia pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). E-mail para contato: leo_filho_10@hotmail.com

Gilmara Elke Dutra Dias é professora da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). Mestre em Administração de empresas pela Universidade de Fortaleza (Unifor). E-mail para contato: gilmara.dias@ufersa.edu.br

SOBRE OS AUTORES

Hailton Barreto Morais é graduado em Engenharia de Produção pela Universidade do Estado do Pará (UEPA). Área de interesse de pesquisa: Engenharia de Produção. E-mail para contato: hailtonmorais93@gmail.com

Marcelo Luis Lemos da Silva é professor da Fundação de Apoio à Escola Técnica (FAETEC). Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental pelo Centro Universitário Estadual da Zona Oeste (UEZO). E-mail para contato: mluispf@gmail.com

Marcus Vinícius Carvalho Arantes é bacharel em Gestão Ambiental. Mestre em Ciências. Doutorando em Saúde Global e Sustentabilidade pela Universidade de São Paulo (USP). E-mail para contato: marcus.arantes@unifesp.br

Nathana Luiza Pinto de Lima é técnica em laboratório do Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN). Mestre em Uso Sustentável em Recursos Naturais. E-mail para contato: nathana.lima@ifrn.edu.br

Neemias Silva de Souza é professor do Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN). Mestre em Uso Sustentável em Recursos Naturais pelo Instituto Federal do Rio Grande do Norte. E-mail para contato: neemias.souza@ifrn.edu.br

SOBRE OS AUTORES

Neila de Paula Pereira é professora da Universidade Federal da Bahia (UFBA). Doutora em Ciências Farmacêuticas pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). E-mail para contato: neiladpp19@gmail.com

Patrícia Borba Vilar Guimarães é professora da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Doutora em Recursos Naturais pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). E-mail para contato: patriciaborb@gmail.com

Renata Carla Tavares dos Santos Felipe é professora do Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN). Doutora em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte. E-mail para contato: renata.felipe@ifrn.edu.br

Raimundo Nonato Barbosa Felipe é professor do Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN). Doutor em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte. E-mail para contato: raimundo.felipe@ifrn.edu.br

Valdir Silva da Conceição é graduado em Administração. Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação (PROFNIT). E-mail para contato: valdirconceicao@gmail.com

SOBRE OS AUTORES

Verônica de Menezes Nascimento Nagata professora da Universidade do Estado do Pará (UEPA). Doutora em Administração pela Universidade de São Paulo (USP). E-mail para contato: vemenas@uepa.br

NORMAS DE PUBLICAÇÃO



NORMAS PARA PUBLICAÇÃO

A editora IOLE recebe propostas de livros autorais ou de coletânea a serem publicados em fluxo contínuo em qualquer período do ano. O prazo de avaliação por pares dos manuscritos é de 7 dias. O prazo de publicação é de 60 dias após o envio do manuscrito.

O texto que for submetido para avaliação deverá ter uma extensão de no mínimo de 50 laudas. O texto deverá estar obrigatoriamente em espaçamento simples, letra Times New Roman e tamanho de fonte 12. Todo o texto deve seguir as normas da ABNT.

Os elementos pré-textuais como dedicatória e agradecimento não devem constar no livro. Os elementos pós-textuais como biografia do autor de até 10 linhas e referências bibliográficas são obrigatórios. As imagens e figuras deverão ser apresentadas dentro do corpo do texto.

A submissão do texto deverá ser realizada em um único arquivo por meio do envio online de arquivo documento em Word. O autor / organizador / autores / organizadores devem encaminhar o manuscrito diretamente pelo sistema da editora IOLE: <http://ioles.com.br/editora>



CONTATO

EDITORA IOLE

Caixa Postal 253. Praça do Centro Cívico

Boa Vista, RR - Brasil

CEP: 69.301-970

@ <http://ioles.com.br/editora>

☎ + 55 (95) 981235533

✉ eloisenhoras@gmail.com



