



Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Escola Politécnica & Escola de Química  
Programa de Engenharia Ambiental

**PAMELA SILVA SOARES LADEIRA**

**AVALIAÇÃO DAS PRINCIPAIS TECNOLOGIAS DE TRATAMENTO DE  
RESÍDUOS SÓLIDOS CONTAMINADOS COM ÓLEO EM ATENDIMENTO À  
ECONOMIA CIRCULAR**

**RIO DE JANEIRO**

**2024**



UFRJ

Pamela Silva Soares Ladeira

**AVALIAÇÃO DAS PRINCIPAIS TECNOLOGIAS DE TRATAMENTO DE  
RESÍDUOS CONTAMINADOS COM ÓLEO EM ATENDIMENTO À  
ECONOMIA CIRCULAR**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica & Escola de Química, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental.

Orientadora: Elen Beatriz Acordi Vasques Pacheco

Rio de Janeiro

2024

Ladeira, Pamela Silva Soares.

Avaliação das principais técnicas de tratamento de resíduos sólidos contaminados com óleo em atendimento à economia circular / Pamela Silva Soares Ladeira. – 2024.

f.:55 il. 30 cm.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Escola Politécnica & Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2024.

Bibliografia: 55f. 49-56

Orientadora: Elen Beatriz Acordi Vasques Pacheco 1. Resíduos Sólidos. 2. Resíduo contaminado com óleo. 3. Óleo vegetal. 4. Óleo fóssil. 5. Tratamento. 6. Análise SWOT. I. Pacheco, Elen Beatriz Acordi Vasques II. UFRJ. III. Avaliação das principais técnicas de tratamento de resíduos sólidos contaminados com óleo em atendimento à economia circular.



Pamela Silva Soares Ladeira

AVALIAÇÃO DAS PRINCIPAIS TECNOLOGIAS DE TRATAMENTO DE  
RESÍDUOS SÓLIDOS CONTAMINADOS COM ÓLEO EM ATENDIMENTO À  
ECONOMIA CIRCULAR

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica & Escola de Química, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental.

Aprovada pela banca:

---

Orientadora: Professora Elen Beatriz Acordi Vasques Pacheco

---

Professor Felipe Sombra Dos Santos

---

Vania Maria Lourenço Sanches

---

Christine Rabello Nascimento

Rio de Janeiro

2024

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, quero agradecer a Deus pois sem Ele eu não conseguiria jamais ter chegado até aqui, Ele me carregou no colo quando achei que não daria conta e me deu a certeza de que Ele me capacitou e por isso posso alcançar tudo que Ele preparou pra mim.

Ao Bruno, meu amor, amigo e companheiro, quanta gratidão por ter me feito enxergar quem eu sou, a profissional que sou e o quanto sou capaz! Aquele que o olhar, incentivo, cuidado nos períodos de estudo e amor me fizeram querer continuar e não desistir, não tenho palavras para agradecer o tanto que fez e faz por mim!

À minha mãe que me ensinou a não desistir, sempre valorizar as oportunidades que chegam até a gente e ir até o fim! Ela que me inspirou sempre a continuar e me tornar uma profissional melhor, aquela que fez de tudo (e ainda faz) para me proporcionar o melhor, obrigada mãe!

Ao meu pai que com um olhar de orgulho me incentivou a permanecer, sempre me lembrando da pessoa que sou, me divulgando como melhor profissional do mundo! Obrigada, pai!

À minha família que só por estar comigo, tendo tempo de qualidade e momentos em família trouxeram refrigério, paz, amor e força para começar esse trabalho e concluir, amo tanto cada um de vocês!

À minha família Bola de Neve Zona Sul, que sempre acreditou em mim, celebrando todas as vitórias e chorando em todos os momentos de preocupação comigo, orando por mim e estando ao meu lado durante todo tempo, como sou grata por ter vocês!

Às minhas tão queridas amigas da PUC-Rio que estiveram sempre comigo, me apoiando e me incentivando a continuar! Um agradecimento especial à Mariana Roth, que no final, quando eu achei que não fosse conseguir, se disponibilizou a me ajudar com cronograma, planejamento, acordando cedo e me acompanhando para que eu concluísse, obrigada!!

À minha psicóloga, Rafaela, que com todo amor e paciência do mundo me auxiliou em todo processo, nos meus altos e baixos, me fazendo reconhecer e conhecer a minha real identidade e capacidade de trilhar cada passo necessário desse caminho.

Por fim, à minha orientadora, Elen Pacheco, que em momento nenhum desacreditou de mim, com palavras de incentivo, infinitas técnicas até identificar a forma melhor que eu funcionava, com um sistema de entregas periódicas para a obtenção desse resultado, eu nunca vou esquecer o tanto de cuidado e carinho que senti nas suas falas e orientação durante esse trabalho, muito obrigada.

*“Não fiquem lembrando o que aconteceu no passado; não continuem pensando nas coisas que fiz há muito tempo. Vejam, estou fazendo uma coisa completamente nova, algo que já comecei a realizar; será que vocês ainda não perceberam? Vou abrir uma grande estrada no deserto, e no meio da terra seca farei correr riachos!” Is 43:18-19*

## RESUMO

LADEIRA, Pamela Silva Soares. **Avaliação das principais tecnologias de tratamento de resíduos sólidos contaminados com óleo em atendimento à economia circular.** Rio de Janeiro, 2024. Dissertação (Mestrado) – Programa de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica e Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2024.

Este trabalho discute a análise das técnicas de tratamento de resíduos sólidos contaminados com óleo, suas principais atividades geradoras e como são tratados e destinados, por análise SWOT com foco na economia circular. A metodologia utilizada foi uma revisão bibliográfica de artigos disponíveis em sites de periódicos e publicados em revistas científicas, além de dissertações, teses, livros técnicos, leis e normas brasileiras. Foram verificados que as atividades que geram esses resíduos são as industriais, principalmente a do setor petrolífero, oficinas das indústrias de transporte, especificamente quando se trata de óleo lubrificante, e indústrias alimentícias que geram o óleo de cozinha, além das indústrias de óleo vegetal. As principais formas de tratamento identificadas para os resíduos sólidos contaminados com óleo vegetal ou mineral de origem industrial foram o coprocessamento e a incineração; para as embalagens de óleo de cozinha e óleo lubrificante, a reciclagem e aterro de resíduos classe I. O coprocessamento se demonstrou ser uma técnica promissora para o tratamento do resíduo sólido contaminado com óleo em geral especialmente quando considerados os aspectos ambientais e econômicos juntamente com a reciclagem mecânica e química, que também se destacaram como uma opção sustentável, promovendo redução de custos com matéria-prima e menor uso de combustíveis fósseis. Já a incineração apresenta desafios consideráveis, como a geração das cinzas. Ainda há falta de realização de estudos na área de tratamento de resíduos sólidos contaminados com óleo por conta da dificuldade na tecnologia de remoção do óleo do resíduo sólido (embalagem, por exemplo) para posterior reciclagem. Foi possível concluir que as técnicas de reciclagem e coprocessamento são as mais indicadas para o tratamento de resíduos sólidos contaminados com óleo, pois apresentam mais pontos positivos do que negativos.

**Palavras-chave:** resíduos sólidos, resíduo contaminado com óleo, óleo vegetal, óleo fóssil, tratamento, análise SWOT.

## ABSTRACT

LADEIRA, Pamela Silva Soares. Evaluation of the main technologies for treating solid waste contaminated with oil in support of the circular economy. Rio de Janeiro, 2024. Dissertação (Mestrado) – Programa de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica e Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2024.

This study discusses the analysis of the techniques for the treatment of solid waste contaminated with oil, its main generating activities and how it is treated and disposed of, by SWOT analysis with a focus on the circular economy. The methodology used was a bibliographic review of articles available on journal websites and published in scientific journals, as well as dissertations, theses, technical books, Brazilian laws and regulations. It was found that the activities that generate these wastes are mainly industrial, oil sector, transportation industries, specifically when it comes to lubricating oil, and food industries that generate cooking oil, in addition to the vegetable oil industries. The main forms of treatment identified for solid waste contaminated with vegetable or mineral oil of industrial origin were co-processing and incineration; for cooking oil and lubricating oil packaging, recycling and class I waste landfill. Co-processing has proven to be a promising technique for the treatment of solid waste contaminated with oil in general, especially when considering environmental and economic aspects, together with mechanical and chemical recycling, which also stood out as a sustainable option, promoting reduction of raw material costs and less use of fossil fuels. Incineration, on the other hand, presents considerable challenges, such as the generation of ashes. There is still a lack of studies in the area of treatment of solid waste contaminated with oil due to the difficulty in the technology of removing oil from solid waste (packaging, for example) for subsequent recycling. It was possible to conclude that recycling and co-processing techniques are the most suitable for the treatment of solid waste contaminated with oil, as they have more positive than negative points.

**Keywords:** Solid waste, solid waste contaminated with oil, SWOT analysis, treatment, fossil oil, mineral oil.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Detalhamento dos quadrantes da matriz SWOT. Fonte: (O AUTOR, 2024; ROCK CONTENT, 2020).....	28
--	----

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Cruzamento dos elementos da matriz SWOT .....	30
Tabela 2 - Forças do ambiente interno das técnicas de tratamento .....	30
Tabela 3 - Fraquezas do ambiente interno das técnicas de tratamento.....	32
Tabela 4 - oportunidades do ambiente externo das técnicas de tratamento .....	33
Tabela 5 - ameaças do ambiente externo das técnicas de tratamento.....	35
Tabela 6 - Quantificação da Matriz SWOT.....	36
Tabela 7 - Tabela somatório matriz SWOT .....	36

## LISTA DE SIGLAS

<b>ABNT</b>	Associação Brasileira de Normas Técnicas
<b>Abrelpe</b>	Associação Brasileira de Empresa de Limpeza Pública
<b>AC</b>	Aterro Controlado
<b>ANP</b>	Agência Nacional do Petróleo
<b>ANVISA</b>	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
<b>ARIP</b>	Aterro de Resíduos Industriais Perigosos
<b>As</b>	Arsênio
<b>AS</b>	Aterro Sanitário
<b>CAPES</b>	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
<b>Cd</b>	Cádmio
<b>CEMPRE</b>	Compromisso Empresarial para Reciclagem
<b>CONAMA</b>	Conselho Nacional do Meio Ambiente.
<b>EPI</b>	Equipamento de Proteção Individual
<b>FIRJAN</b>	Federação das Indústrias do Estado do Rio De Janeiro
<b>IBAMA</b>	Instituto Brasileiro de Meio Ambiente
<b>NBR</b>	Norma Brasileira
<b>OLUC</b>	Óleo Lubrificante Usado e contaminado
<b>OVR</b>	Óleo Vegetal Residual
<b>Pb</b>	Chumbo
<b>PCB's</b>	Bifenila Policlorada
<b>PEAD</b>	Polietileno de Alta Densidade
<b>PNRS</b>	Política Nacional de Resíduos Sólidos
<b>PUC-RS</b>	Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul
<b>SiO<sub>2</sub></b>	Dióxido de silício
<b>SWOT</b>	<i>Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats</i> (Forças, Fraquezas, Oportunidades, Ameaças)
<b>UFRJ</b>	Universidade Federal do Rio de Janeiro

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	2
2. OBJETIVOS.....	4
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	4
4. METODOLOGIA.....	27
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	30
6. CONCLUSÕES .....	39
7. REFERÊNCIAS.....	41

## 1. INTRODUÇÃO

No Brasil, a Lei 12.305 (Brasil, 2010) institui a Política Nacional dos Resíduos Sólidos que estabelece conceitos e orientações de como devem ser gerenciados os resíduos sólidos no Brasil. No entanto, ainda existem muitos desafios tanto para os resíduos de origem urbana, quanto o industrial ou comercial, pois são necessários infraestrutura, planejamento, recursos financeiros e técnicos para aplicar de forma adequada as instruções dispostas nessa Lei (RODRIGUES *et al.*, 2023). Em 2022, foram publicados os Decretos nº 10.936 (BRASIL, 2022a), que trouxe a criação do Programa Nacional de Logística Reversa, e o nº11.043 (BRASIL, 2022b), que instituiu o Planares – Plano Nacional de Resíduos Sólidos, o instrumento previsto na Lei, que estabelece as estratégias, diretrizes e metas para o setor.

Nos últimos quatro anos foi visto um aumento significativo da atividade de exploração marítima de petróleo (ANP, 2023). Conseqüentemente, um maior número de plataformas foi instalado em alto mar, o que tem como resultado o crescimento dos resíduos industriais e o seu descarte, gerando impacto ambiental negativo. Essa atividade também pode gerar resíduos sólidos contaminados com óleo.

A atividade de exploração marítima de petróleo é regulamentada pelo Instituto Brasileiro de Meio Ambiente (IBAMA) por um licenciamento individual de forma que, após as licenças de operação serem concedidas às empresas que atuam nesse ramo, se estabelecem a implementação e o desenvolvimento de programas ambientais relacionados à poluição e ao controle de lançamento de efluentes, emissões de poluentes atmosféricos e descarte de resíduos (SANTOS, 2013).

A etapa de refino do petróleo é uma parte de suma importância do ponto de vista ambiental. As refinarias de petróleo geram grande quantidade de efluentes, gases tóxicos e resíduos sólidos de diferentes concentrações além de ocorrer grande consumo de água. Estima-se que custos adicionais relativos ao controle ambiental variam de 15% a 20% do investimento total de uma refinaria. Porém, tais custos não devem ser vistos como somente um custo a mais de projeto, mas como um investimento na variável ambiental, que assume um papel cada vez mais importante no planejamento e concepção das refinarias. Além disso, os resíduos gerados nas refinarias possuem características físico-químicas e de toxicidade de acordo com tipo de petróleo que é processado, sendo os principais: o lodo dos separadores água/óleo, o lodo dos flutuadores, as borras de fundo

dos tanques de armazenamento do petróleo cru e derivados, as argilas de tratamento, os lodos biológicos e alguns sólidos contaminados com óleo (MARIANO, 2005).

Os óleos vegetais, em sua maioria, conhecidos como óleos comestíveis, assim como os outros tipos de óleo, também apresentam riscos de poluição ao meio ambiente (PITTA JUNIOR *et al.*, 2009). Esse tipo de óleo normalmente é utilizado para preparo de alimentos nas residências e indústrias e antigamente, após o uso para frituras, era despejado nas pias e vasos sanitários ou diretamente em rios, o que causa contaminação das águas e até do lixo doméstico. Porém, após a criação de legislações como a CONAMA 362/2005 foram estabelecidos parâmetros para o descarte ambientalmente correto (CASTELLANELLI *et al.*, 2007).

Existem pontos de coletas para os óleos vegetais em lojas para que ocorra o posterior correto descarte, onde a logística reversa é aplicada de forma rotineira. A fabricação de biodiesel através do óleo vegetal residual é uma das melhores utilizações para este, pois gera benefícios por ser fonte renovável de energia, substitui o diesel e reduz as emissões de gases de efeito estufa (RODRIGUES *et al.*, 2019). Segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (BRASIL, 2010), o óleo de cozinha usado é classificado como resíduo que comumente está disposto em embalagens e seu descarte não pode ser realizado em rede pública. O descarte de resíduos de óleo vegetal na rede de esgoto pode gerar danos em tubulações e caixas de gordura. Podem aglutinar e formar blocos rígidos e reter resíduos sólidos, causando obstruções (PITTA JUNIOR *et al.*, 2009). As embalagens desses óleos vegetais, após uso, também devem ser destinadas de acordo com a lei (BRASIL, 2010).

Na indústria mecânica é utilizado o óleo mineral como óleo lubrificante, funciona como um elemento estrutural fluido em máquinas e dispositivos atuando como um microfilme entre os componentes móveis do dispositivo. Devido às suas propriedades específicas, o óleo lubrificante pode desempenhar várias funções durante a operação, como redução do atrito, prevenção do desgaste entre os elementos mecânicos, remoção de depósitos de carbono e micropartículas, proteção contra corrosão, dissipação de calor, e outros efeitos benéficos. O óleo mineral é derivado do petróleo e por isso contém hidrocarbonetos, é também utilizado na indústria automotiva para consertos em oficinas e reparos em geral (NOWAK *et al.*, 2019).

A análise técnica da tecnologia selecionada para o tratamento de resíduos é importante e a avaliação quanto a sua sustentabilidade pode viabilizar ainda mais a forma de tratamento selecionada. Uma das ferramentas práticas que pode ser usada para auxiliar

a avaliação do tratamento mais sustentável e que permite um planejamento estratégico é a análise SWOT (*Strengths, Weaknesses, Opportunities e Threats*), que considera as forças, fraquezas, oportunidades e ameaças, respectivamente, da tecnologia analisada e permite o entendimento das situações externas e internas à atividade. Originalmente foi desenvolvida para organizações e empresas, nas quais ajuda a direcionar seus recursos e capacidades para atingirem seus objetivos (CASTRO, 2019; FERREL e HARTLINES, 2012).

A economia circular surge como uma forma de retornar o resíduo ao ciclo produtivo de forma mais sustentável, seja por redução, reutilização e reciclagem. Segundo o estudo de KIRCHHERR *et al.* (2017), a prosperidade econômica deve ser seguida de qualidade ambiental, com equidade social e com foco nas próximas gerações.

Observou-se escassez de artigos ou publicações que indicassem as melhores técnicas para o tratamento de resíduos sólidos contaminados com óleo, considerando os seus aspectos econômicos e ambientais.

## **2. OBJETIVOS**

Dessa maneira, o objetivo geral deste trabalho foi estudar e descrever as tecnologias de tratamento para encontrar uma técnica com aspectos mais positivos para resíduos sólidos contaminados com óleo mineral e vegetal através do levantamento de dados e aplicação de análise SWOT.

Os objetivos específicos são:

- ✓ Verificar a possibilidade de identificar a tecnologia mais adequada para a destinação de resíduos contaminados com óleo
- ✓ Avaliação de aspectos técnicos e ambientais de tecnologia de destinação de resíduos sólidos contaminados com óleo, direcionada à economia circular.

## **3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **3.1. Classificação dos resíduos**

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) define o termo resíduos sólidos como “material, substância ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a

proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível” (BRASIL, 2010).

Já os rejeitos são definidos como aqueles resíduos sólidos que, depois de realizadas todas as possibilidades de técnicas de tratamento ou recuperação, não possuem mais possibilidade além da disposição final ambientalmente adequada (BRASIL, 2010)

São considerados resíduos sólidos perigosos segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos: pilhas e baterias; pneus; óleos lubrificantes, seus resíduos e embalagens; agrotóxicos, seus resíduos e embalagens; lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista; produtos eletroeletrônicos e seus componentes, bem como outros produtos pós-consumo cuja embalagem constitua resíduo perigoso, podendo causar impactos à saúde pública e ao ambiente (BRASIL, 2010). Visando facilitar a orientação das responsabilidades quanto ao papel de cada participante do processo de gerenciamento de resíduos, foi definida a classificação de cada resíduo conforme a ABNT NBR 10004 de 2004 sendo:

- Classe I – resíduos perigosos são aqueles que apresentam pelo menos uma dessas características: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade;
- Classe II – resíduos não perigosos;
  - Classe IIA – não perigosos não inertes que possuem propriedades como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água;
  - Classe IIB – não perigosos inertes que não alteram as suas características em contato com a água.

### **3.2. Resíduos sólidos contaminados com óleo**

A maioria dos trabalhos científicos que trata de resíduos sólidos contaminados com óleo está relacionada à área de lubrificantes ou de gerenciamento dos resíduos de um modo geral. Entre as atividades que geram este resíduo, tem-se: indústria petroquímica, operação de máquinas em indústrias em geral, oficinas automobilísticas com a operação de manutenção de motor e troca de óleo, indústria alimentícia com o uso de óleo vegetal, como também o descarte de embalagens contaminadas com óleo automotivo e óleo vegetal alimentício.

Através dos dados fornecidos em estudo realizado por Aguiar *et al.* (2018), a geração de resíduos industriais sólidos no Brasil foi de 1.276.199.686 toneladas em 2017, tendo como principal setor a indústria química. Se tratando de indústrias químicas, as refinarias são consideradas uma das que possuem mais alto potencial poluidor. Durante o processo de refino de petróleo, um dos resíduos que é gerado é o coque de petróleo, resíduo sólido utilizado em fornos e caldeiras nas indústrias de cimento, cerâmica, calcinadoras, termoelétricas, siderúrgicas e panificadoras (LIRA, 2012).

Nas empresas de galvanoplastia, em seus processos realizados, as estopas podem conter ácidos, óleos e graxas e, por isso, são considerados como resíduos perigosos (classe I). Segundo estudo de Melo *et al.* (2017), se tratando de equipamentos de proteção individual (EPI) usados, 72% são armazenados de forma incorreta, sendo 59% acondicionado em sacos plásticos e 13% em caixas de papelão. E somente 28% do total levantado estão sendo acondicionados de forma correta, em bombonas plásticas. Quando acondicionados de forma incorreta e estando contaminados com óleo podem causar contaminação cruzada e outros resíduos que seriam destinado como resíduos Classe II, precisarão ser destinados como resíduo Classe I.

No seguimento industrial, existem resíduos como os retalhos de tecido, por exemplo, que apesar de considerados não inertes, quando contaminados com óleo de máquina tornam-se resíduos perigosos (MILAN *et al.*, 2010).

Todos os veículos, leve ou pesado, necessitam do óleo lubrificante para o pleno funcionamento de seus motores e a manutenção periódica implica na troca desse óleo com frequência, gerando grandes quantidades de óleo lubrificante usado. Tal óleo é considerado de alto nível poluidor para o meio ambiente quando em contato com solo, corpos hídricos, fauna e flora (SILVEIRA *et al.*, 2016).

O óleo lubrificante possui características químicas complexas e é formado por uma base, mineral ou sintética, e aditivos. A base mineral informa que foi produzida diretamente a partir do refino do petróleo e a sintética a partir de reações químicas de produtos extraídos do petróleo. Já os aditivos são responsáveis pelas características do óleo que auxiliam na lubrificação do motor (GONZAGA *et al.*, 2021).

Durante o processo de lubrificação do motor ocorre a degradação do óleo lubrificante, este passa a conter outros elementos perigosos formados por reações químicas e, por conta disso, passa a ser chamado de Óleo Lubrificante Usado e Contaminado (OLUC). Alguns desses elementos têm potencial carcinogênico como

chumbo (Pb), cádmio (Cd) e arsênio (As), podendo afetar órgãos do corpo humano e gerar mutações e bioacumulação (SILVEIRA *et al.*, 2017).

A Norma Brasileira NBR 10004 (ABNT, 2004) classifica as embalagens plásticas contaminadas com óleo lubrificantes como classe I, resíduos perigosos, por apresentarem características de toxicidade.

### **3.3. Resíduos sólidos gerados nas refinarias de petróleo**

O petróleo é um composto de hidrocarbonetos em seus três estados e contém compostos de enxofre, oxigênio e nitrogênio. A origem da palavra “petróleo” é latim Petra (pedra) e Oleum (óleo). Esse material era utilizado pelos egípcios para embalsamar corpos e pelos pré-colombianos para pavimentação de estradas (THOMAS, 2001; SCHIAVI e HOFFMAN, 2015).

O petróleo é considerado uma matéria-prima essencial à vida moderna, sendo o componente básico para diversos produtos (BAHADORI, 2014). No entanto, é percorrido um longo caminho desde a prospecção até o consumo de derivados. No *downstream* encontra-se a etapa de refino, importante etapa da indústria de óleo e gás (MARIANO, 2005). No refino ocorrem transformações da matéria-prima fóssil, em sua maioria composta por hidrocarbonetos (ASTM, 2008), até a obtenção de combustíveis, lubrificantes, produtos petroquímicos como as borrachas e plásticos e até mesmo a energia elétrica, ou seja, praticamente tudo é dependente de petróleo.

O problema é que apesar do refino ser estratégico para o setor petrolífero, sendo necessário para a transformação de óleo, as refinarias são grandes instalações industriais que, geralmente são próximas a zonas urbanas, liberam emissões atmosféricas e produzem altos volumes de efluentes líquidos e resíduos sólidos de difícil tratamento e disposição. Além disto, as refinarias demandam grandes quantidades de água e consomem diversos produtos químicos, sendo consideradas as mais poluidoras de toda a cadeia petrolífera (MARIANO, 2005; LA ROVERE, 2016; RIZZO *et al.*, 2006). Tudo isto contribui para que o setor seja visto, muitas vezes, como uma atividade danosa ao meio ambiente (DO BRASIL, 2011). O Banco Mundial e o *Industrial Pollution Projection System* (IPPS) classificaram o segmento como de alto potencial poluidor ao meio ambiente, com a liberação de diversos tipos de poluentes (SZKLO E MAGRINI, 2008).

As propriedades físicas e químicas do resíduo determinam suas características de periculosidade e seu impacto ambiental. A caracterização dos resíduos também é necessária para determinar e atribuir as categorias dos resíduos e selecionar opções para segregação, minimização, tratamento e destinação (ELSHORBAGYA E ALKAMALIB, 2005).

Segundo o estudo de Elshorbagya e Alkamalib (2005), seis fluxos de resíduos da indústria do petróleo foram identificados, dos quais quatro são sólidos: cáusticos usados, catalisadores usados, diversos resíduos do processo e resíduos de manutenção e manuseio de materiais. Já no estudo de Wentz (1989), foi compilada uma listagem de resíduos perigosos de fontes específicas e não específicas, que incluem produtos químicos comerciais, intermediários e resíduos, na qual inclui cinco produtos de resíduos perigosos classificados na categoria de refino de petróleo, sendo que quatro deles são resíduos sólidos da indústria de refino de petróleo: sólidos de emulsão de óleo residual, lodo de limpeza de trocadores de calor, fundos de tanque (contendo chumbo) e lodo de separador.

#### **3.4. Resíduos sólidos urbanos contaminados com óleo vegetal**

Os óleos vegetais utilizados em óleo de cozinha, na fabricação de produtos e como lubrificantes, são gorduras obtidas através das plantas. Estes não se dissolvem na água, ao contrário de quando colocados junto a solventes orgânicos. Além disso, este óleo apresenta vantagens ambientais, sociais e econômicas, pois pode ser utilizado como fonte de energia renovável, alcançando novos patamares de desenvolvimento sustentável (BERKENBROCK, 2009). Após a fritura, o óleo passa por um processo de degradação e sofre alterações na sua composição química e física, ocorre aumento da sua acidez, obtém odor ruim, aparência escura e se torna inutilizável para outras frituras, necessitando assim realizar o descarte (OLIVEIRA *et al.*, 2009).

O óleo de gordura residual pode gerar diversos impactos ambientais se descartado de forma ambientalmente inadequada, quando entra em contato com a água forma uma espécie de película que retém sólidos causando muitas vezes entupimento de canos e danos a drenagem. Nos rios, essa película faz com que o oxigênio não chegue à vida marinha, causando mortes. Quando o óleo chega ao solo, gera uma impermeabilização o que contribui com as enchentes (MEDEIROS, *et al.* 2018).

Uma das grandes problemáticas das famílias brasileiras é o descarte de óleo, em sua maioria pela falta de coleta, sendo assim a solução com melhor custo *versus* benefício se

torna a reciclagem para fazer sabão em barra. Pitta *et al.* (2009) afirmam que o objetivo principal da coleta é o destino adequado, gerando dessa forma novamente uma cadeia produtiva (CALANCA, 2019).

Em pesquisa realizada por Jesus em 2023 (JESUS, 2024), pode ser observado que 16% das pessoas entrevistadas jogam o óleo vegetal residual no quintal, 28% realizam o descarte na pia de cozinha e 56% armazenam para dar a destinação correta. Além disso, 68% conhecem os impactos causados pelo descarte incorreto.

No estudo de Bósio (2014), a alternativa mais simplificada para uso do óleo vegetal residual (OVR) é a fabricação de sabão artesanal, enquanto as mais elaboradas são o óleo para motosserra, asfalto ou tintar para impressão, além da fabricação de biodiesel. A fabricação de biodiesel a partir do OVR, reduz os impactos ambientais significantes, além de gerar uma fonte alternativa de energia (OLIVEIRA *et al.*, 2022). Através de orientação correta sobre as formas de reciclagem do óleo de cozinha, se tem benefícios não só para o meio ambiente, mas também para muitas famílias com a geração de renda. É necessário ressaltar a importância de um armazenamento correto, podendo ser realizados em embalagens que foram originalmente utilizadas para armazenar o óleo de cozinha (CALANCA, 2019).

### **3.5. Gerenciamento dos resíduos sólidos**

Visando melhores soluções para a problemática de resíduos sólidos no Brasil, em 2010 foi aprovada a Lei Federal nº 12.305, Política Nacional de Resíduos Sólidos (Brasil, 2010). Através dessa legislação o governo, o setor privado e público precisaram se posicionar de uma nova forma perante o gerenciamento de resíduos sólidos. Anteriormente a responsabilidade era apenas do gerador, no entanto com a aprovação desta lei todos os envolvidos no gerenciamento do resíduo são responsáveis. Dessa forma se tornou necessário o desenvolvimento de estratégias de gestão dos resíduos por parte de todas as grandes empresas. E os requisitos aplicáveis às etapas de Gerenciamento de Resíduos devem ser atendidos com base na NBR 17.100/2023 cujas práticas são alinhadas à sustentabilidade, à proteção do meio ambiente e à saúde pública (MONTEBELO, 2016; OCHARÁN, 2017; ABNT, 2023).

A Lei Federal nº 2074 de 2007 determinou que os postos de gasolina e hipermercados devem dispor de estruturas para coleta de óleo de cozinha usado além de dar outras providências. Esta legislação também determina que as empresas produtoras de óleo de

cozinha têm obrigatoriedade em informar nos rótulos sobre a possibilidade de reciclagem do produto além de ter estruturadas adequadas para coleta do óleo usado (MEDEIROS, *et al.* 2018)

Quando empresas passam a focar em uma produção mais limpa, é necessário inserir o meio ambiente no processo corporativo diário. Com isso, se tem vantagens competitivas sobre outras empresas, além de passar a ser bem-conceituada pela sociedade (POZZEBON, 2011). No setor de empresas privadas, além da responsabilidade pelo gerenciamento ambientalmente correto, é necessário a empresa se responsabilizar pela reinserção de seu resíduo na cadeia produtiva e criação de novas tecnologias de produtos mais sustentáveis. Quando se trata dos governos no âmbito estadual, municipal ou federal é determinado pela legislação que estes são responsáveis pela elaboração e implementação de planos de gestão de resíduos sólidos (BRASIL, 2010).

As etapas do gerenciamento de resíduos sólidos abrangem:

- Prevenção e não geração: atividade de seleção de materiais, design adequado, e gestão de processos e atividades voltadas para evitar ou reduzir a geração de resíduos;
- Coleta: caracterização dos resíduos, segregação na origem, acondicionamento, armazenagem temporária e planejamento da destinação;
- Operações intermediárias: transporte de resíduos, armazenagem temporária, transbordo, manufatura reversa, preparo ou tratamento dos resíduos para posterior destinação;
- Operações de destinação: reutilização, reciclagem, recuperação energética, eliminação ou disposição do resíduo.

A definição das etapas de gerenciamento de resíduos está descrita na ABNT NBR 17.100/2023, em que se tem os princípios gerais do gerenciamento de resíduos e a definição que um material passa a ser considerado resíduo somente a partir do momento em que ocorre seu descarte e que ele não possui mais propósito de uso para o processo ou atividade para o qual foi desenvolvido (ABNT, 2023).

Considerando que os aterros são a forma mais comum e simplificada de disposição final, diversos países começaram a adotar novas legislações para restrição do uso de aterros por se tratar de uma prática ambientalmente inadequada, além do fato que a tendência é que os aterros necessitem estar cada vez mais distantes dos centros urbanos (ANDREOLI; VON SPERLING; FERNANDES, 2014). As tendências mundiais demonstravam se inclinar para investimentos em tecnologias mais sustentáveis, visando a recuperação energética em processos como a digestão anaeróbia, economia de energia

através da reciclagem energética (ANDREOLI; VON SPERLING; FERNANDES, 2014).

Caso os resíduos sejam corretamente gerenciados durante todo o processo, se pode obter valor comercial deste, redução de sua quantidade gerada, redução de custos em seu tratamento, abertura de novos mercados entre tantos outros benefícios ambientais e gerenciais. Caso o resíduo seja mal manuseado ou tenha alguma falha em alguma etapa do processo, o resultado será negativo e ficará comprometido (BRASIL, 2010; MONTEBELO, 2016).

### **3.6. Possibilidades de destinação dos resíduos sólidos contaminados por óleo e do óleo residual**

No estudo de Aguado *et al.* (2007) foi verificado que as possibilidades de incineração ou reciclagem para o tratamento da embalagem de óleo lubrificante pós-consumo, considerando o polietileno como sendo o tipo de polímero normalmente utilizado nessa embalagem. O polietileno é um material termoplástico que pode ser remoldado (JOPPERT, 2008) e ser submetido à reciclagem mecânica. Na reciclagem mecânica, se mantém parte das propriedades originais do plástico, mas é necessária a descontaminação, ou seja, a remoção do óleo da embalagem plástica. Além disso, no processo de descontaminação, se geram efluentes que podem contaminar esgotos, águas subterrâneas e superficiais e gases tóxicos, cujas emissões devem ser tratadas conforme as exigências do órgão ambiental competente. A reciclagem energética é uma outra opção para a destinação dessa embalagem.

No ano de 2017, surgiram novas tecnologias através da empresa EcoPanplas para reciclagem de embalagens contaminadas com óleo lubrificante, na qual as embalagens são moídas e depois descontaminadas com solvente biodegradável e inodoro que não gera resíduos. No final do processo, é possível obter separadamente plástico, rótulo e óleo. (PEDROSA, 2022).

Não só a embalagem de óleo lubrificante pode ser reciclada, mas também o óleo residual. O OLUC depois de degradado apresenta 80% a 85% de óleo lubrificante base, o que permite o re-refino e, com isso, se torna matéria-prima para formação de um novo óleo lubrificante. Para que isso possa ocorrer é necessária a logística reversa aplicada pelas empresas geradoras deste óleo (SILVEIRA *et al.*, 2017). A coleta e destinação final adequada desse resíduo faz com que o retorno para o ciclo produtivo seja de um insumo bem similar em composição do óleo inicial (GONZAGA *et al.*, 2021).

O óleo de cozinha também pode ser reciclado. De acordo com Santos e Oliveira (2022), é crucial aumentar a conscientização sobre o tratamento apropriado, a coleta e o armazenamento do óleo de cozinha, pois pode ser reutilizado na produção de sabão, biocombustível, resina para tintas, detergente, biodiesel, entre outros usos. É importante destacar que um litro de óleo vegetal descartado de maneira inadequada nos rios pode contaminar até 25 mil litros de água devido à película que se forma na superfície, impedindo a passagem de oxigênio. Isso pode resultar em impermeabilização do solo e obstrução de tubulações de esgoto (BISCARO *et al.*, 2019).

Diante dos pontos mencionados, implementar um sistema de logística reversa para resíduos de óleo vegetal (OVR) destaca-se como uma opção viável para abordar a questão. Essa abordagem facilita o desenvolvimento econômico ao reaproveitar resíduos em novos fluxos de produção, adicionando valor a um material que de outra forma seria descartado. Além disso, traz benefícios sociais por meio da criação de empregos necessários para a implementação de tais processos e vantagens ambientais ao evitar o descarte inadequado de óleo de cozinha usado (OLIVEIRA *et al.*, 2022).

No estudo realizado por Cruz *et al* (2019), considerando para o Município de Santa Cruz do Rio Pardo no estado de São Paulo, estima-se a geração de 35.215 litros de óleo vegetal residual em 2018. A prefeitura deste município estabeleceu um programa de doação voluntária desse resíduo em pontos de entrega e a quantidade coletada anualmente é de 4.200 litros, ou seja, somente 12% tem seu descarte adequado (SANTOS *et al.*, 2022)

Uma forma de se estimular a coleta de óleo comestível residual é a sua troca por produtos de limpeza, como já acontece em grandes shoppings centers (Ferreira; SCHNEIDER, 2011). No entanto para as embalagens, existem as opções de reciclagem. E para o recolhimento das embalagens, se tem a logística reversa na qual as empresas podem ajudar, educando seus clientes sobre como descartar corretamente as embalagens e incentivando-os à coleta.

Para os resíduos sólidos industriais gerados durante manutenções como estopas e filtros contaminados com óleo, estes devem ser acondicionados em recipientes rígidos, intactos e fechados e enviados para coprocessamento ou aterro de resíduos Classe I (MILAN *et al.*, 2010).

Segundo os princípios de sustentabilidade, se busca evitar a geração do resíduo, quando possível reutilizá-lo, não sendo viável, realizar a reciclagem. Quando nenhuma das opções forem possíveis, o caminho seria buscar o coprocessamento ou incineração (MACIULIS, 2004).

### 3.6.1. Coprocessamento

Essa técnica tem como definição a utilização de resíduos sólidos a partir do seu processamento como combustível ou substituto parcial de matéria-prima no sistema de forno de produção de clínquer, produção de cimento (BRASIL, 2020). O coprocessamento é realizado para geração de energia térmica e os resíduos gerados da queima podem ser utilizados como matérias-primas para outros produtos no caso na constituição do cimento.

O Clínquer é o componente básico do cimento, onde sua constituição principal é silicato tricálcico, silicato dicálcico, aluminato tricálcico e ferroaluminato tetracálcico (BRASIL, 2020).

No Brasil, a etapa de preparação dos resíduos para o coprocessamento ainda depende do trabalho manual dos funcionários (MILANEZ *et al.*, 2009). Essa etapa é chamada de *blendagem* (mistura) e visa principalmente fazer uma mistura de resíduos com maior poder calorífico para ser adicionada ao forno de clínquer (ROCHA *et al.*, 2011; AGUIAR *et al.*, 2021).

Na *blendagem*, os resíduos são misturados de forma a adquirir propriedades semelhantes aos dos combustíveis normalmente usados para atender à legislação; uma delas é o poder calorífico. Esta mistura de resíduos, na forma sólida ou líquida, é chamada genericamente de *blend* e serve como combustível alternativo em substituição a combustíveis tradicionais como o coque de petróleo – ou às matérias-primas e aditivos – gesso, óxido de ferro, óxido de alumínio – utilizados na produção de cimento (CONAMA n° 499, 2020).

O processo de *blendagem* tem como objetivo criar misturas de resíduos com valores de poder calorífico variando de 1800 a 3500 Kcal/kg (*blends* sólidos) e de 2000 a 10500 Kcal/kg (*blends* líquidos), com o propósito de serem coprocessados (INEA, 2020). Rocha *et al.* (2011) destacam que o coprocessamento é uma área de pesquisa abrangente e sugerem que cada tipo de resíduo a ser coprocessado deve ser estudado individualmente, considerando suas características físicas e químicas (AGUIAR *et al.*, 2021).

A legislação que regulamenta esta técnica é a Resolução CONAMA n° 499 divulgada em 6 de outubro de 2020, onde no Art. 1° são excluídos para esse tipo de atividades os resíduos radioativos, explosivos e de serviço de saúde, ressalvados os medicamentos, resíduos provenientes do processo de produção da indústria farmacêutica e os que tenham sido descaracterizados em razão de submissão a tratamento que altere suas propriedades físicas, químicas ou biológicas (BRASIL, 2020).

Além desta legislação, se tem o Decreto nº 10.936/2022 de regulamenta a Lei nº12.305, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, visando estabelecer estratégias para reduzir a disposição de resíduos em aterros de forma a priorizar a reciclagem, recuperação energética e tratamento biológico, determinando que resíduos perigosos que apresentem características de inflamabilidade sejam destinados à recuperação energética quando houverem instalações licenciadas com distância de até 150km do local de geração (ABCP, 2023).

Na literatura científica (ÇANKAYA *et al.*, 2019; GIORGIOPOULOU *et al.*, 2018; HOSSAIN *et al.*, 2017; SONG *et al.*, 2016; ZHANG *et al.*, 2016; AGUIAR, 2021), os principais combustíveis alternativos utilizados no coprocessamento incluem: combustível derivado de pneus, lodo biológico e seco, combustível derivado de resíduos, resíduo industrial preparado, óleos usados, tintas, solventes, combustíveis líquidos, plásticos, papel, papelão e resíduos agrícolas.

É importante ressaltar que em países como o Japão, os resíduos passam por um processo rigoroso de classificação antes de serem coprocessados. Além disso, na maioria dos casos na Europa, os riscos associados à preparação dos resíduos para o coprocessamento são reduzidos por meio da automação dos processos (MILANEZ *et al.*, 2009; AGUIAR, 2021).

Os principais resíduos que são aceitos para passarem por essa técnica de tratamento são borras de óleos, pneus, madeira não reaproveitada, óleos usados em geral, papéis e plásticos com óleo ou tinta não recicláveis, produtos de limpeza vencidos ou produzidos fora dos padrões, resinas, colas, látex, sobras de tintas, solventes e terra contaminada com óleos. Para a realização do coprocessamento é necessário passar por diversas etapas, incluindo a caracterização (análises química e física) para aprovação do resíduo que será utilizado até que ele seja direcionado para queima (GUIMARÃES, 2015).

Na etapa da caracterização e aceite dos resíduos, é realizada a análise dos fatores de riscos químicos e físicos, análises dos metais presentes, cloro, flúor, poder calorífico, teor de cinzas, umidade, densidade, granulometria, teor de substâncias voláteis, teor de bifenilas policloradas (PCB), pH, ponto de fulgor, incluindo a verificação se o resíduo é compatível com outros resíduos. Somente após o resultado dessa análise completa que ocorre a aprovação e liberação para aceite do resíduo para encaminhamento ao coprocessamento. Para recebimento do material, os galpões de armazenamento de resíduos precisam ser cobertos, ventilados e obter piso impermeável, prevenindo qualquer tipo de vazamento (GUIMARÃES, 2015).

Conforme descrito na Resolução CONAMA nº499 de 2020, é necessário realizar um Estudo de Viabilidade de Queima, contendo no mínimo os dados referentes à fábrica de cimento, dados dos resíduos, incluindo método de geração dos resíduos e caracterização quantitativa dos resíduos, como estado físico, quantidade gerada e armazenada, poder calorífico inferior, composição provável, além da descrição dos equipamentos que serão utilizados no processo (BRASIL, 2020).

A etapa final do coprocessamento consiste numa alimentação contínua dos fornos e por isso requer monitoramento constante por parte da equipe responsável dos principais parâmetros operacionais como temperatura, vazão dos gases, taxa de alimentação das matérias-primas, combustíveis e registro de problema no sistema. Isso implica também no atendimento à legislação para emissões atmosféricas, na qual determina limite máximo de alimentação dos fornos (GUIMARÃES, 2015).

Dois dos principais benefícios ambientais gerados à indústria de cimento através do coprocessamento são a redução das emissões dos gases de efeito estufa e aumento da geração de energia, esses benefícios são obtidos através da redução do uso de combustíveis fósseis e utilização de combustíveis de fontes renováveis (AGUIAR *et al.* 2021).

As principais vantagens ambientais desse tipo de técnica de tratamento são economia de combustível convencional, qualidade ambiental e técnica do produto final, conservação de fontes energéticas não renováveis, neutralização total de gases ácidos, óxidos de enxofre e cloreto de hidrogênio, não apresentar riscos de contaminação do solo lençóis freáticos, garantir a combustão completa e incorporação das cinzas geradas no processo de combustão dos resíduos ao clínquer, o que faz com que não haja necessidade de descarte destas cinzas, porém para isso a composição das cinzas deve ser compatível com a composição do cimento (FERRARI, 2014; CEMBUREAU, 2009; ABCP, 2019).

Como benefícios sociais e econômicos, se tem o baixo custo para destruição do resíduo, geração de empregos diretos e indiretos, aumento da vida útil dos aterros e redução dos custos de compra de combustíveis convencionais (ABCP, 2022).

Durante a produção de cimento, há o consumo de grandes quantidades de matérias-primas e combustíveis, energia elétrica, ar e água, além de contar com a mistura de calcário, argila e bauxita, gerando a decomposição de carbonato de cálcio em óxido de cálcio, causando altas emissões de CO<sub>2</sub>. (ARAÚJO, 2020).

No entanto, o coprocessamento não se dá como solução definitiva para a eliminação dos resíduos industriais do ponto de vista ambiental. Isso se deve ao fato de que o processo

de *blendagem*, que é crucial na preparação dos resíduos antes da queima, demonstra um cuidado necessário na escolha dos resíduos que serão utilizados, o que converge na inutilização da totalidade dos resíduos recebidos. A etapa de *blendagem* deve ser mais rigorosa e não aceitar os resíduos que não são passíveis de serem coprocessados, dessa forma não haverá geração de resíduos nessa etapa. Considerando os dados dos anos de 2019, uma entrada anual média de 79.015,82 toneladas de resíduos e uma produção anual de *blends* de 30.650 toneladas, restaram 48.365,82 toneladas de resíduos e rejeitos, correspondendo a 62% do total, os quais foram encaminhados para outros destinos, como aterros sanitários, reciclagem em siderurgias, reciclagem interna ou incineração (AGUIAR *et al.*, 2021).

Conforme descrito no Panorama do Coprocessamento publicado em 2023 pela Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), com base nos dados de 2022, existem 91 empresas cimenteiras distribuídas pelo Brasil que são beneficiadas pela técnica do coprocessamento. Este Panorama também publicou que cerca de 3,04 milhões de toneladas de resíduos foram coprocessadas no ano de 2022 no país (ABCP, 2023).

Nos gases emitidos na utilização dessa técnica, tem-se o nitrogênio do ar de combustão, CO<sub>2</sub> da calcificação e da combustão, oxigênio e água, odores, além de poder conter baixa concentração de poeira, cloretos, dióxido de enxofre, compostos orgânicos e alta concentração de metais, dentre outros poluentes (CARVALHO, 2011; ARAUJO, 2020).

Como característica desse processo tem o tempo esperado para obtenção de licença ambiental por conta das demandas dos órgãos ambientais, esse cuidado é importante para a segurança na saúde da população e do meio ambiente. Além disso existe a necessidade de o teor de cloro do resíduo ser baixo para que não danifique o forno ou provoque fixação de dioxinas e contaminantes no clínquer, não podendo ultrapassar 0,35% (ARAUJO, 2020; SOUZA *et al.*, 2018). A principal diferença de impacto ambiental entre o processo de incineração e coprocessamento é que no processo de incineração não há função para as cinzas geradas durante o processo, porém no coprocessamento há maior limitação de destinação de produtos classe I. No coprocessamento, as cinzas são incorporadas no clínquer, enquanto a produção do clínquer está sendo realizada (FERRARI, 2014).

Dessa forma tem-se como benefício ambiental do coprocessamento a destinação definitiva sem geração de passivos, pois não há rejeitos no processo (FERRARI, 2014).

AGUIAR *et al.* (2021) identificaram que a toxicidade humana foi o principal impacto negativo ao aplicarem a Avaliação do Ciclo de Vida na cadeia do coprocessamento para

a produção de uma tonelada de clínquer. Esse estudo considerou a introdução de *blends* de resíduos, produzidos nas *blendeiras*, como substitutos parciais dos combustíveis convencionais nos fornos de clínquer.

### **3.6.2. Incineração**

A técnica de tratamento conhecida como incineração é realizada através de um processo de oxidação a altas temperaturas onde o resíduo é reduzido de forma significativa em volume e peso e massa. Essa técnica é indicada para resíduos que não podem passar pelos processos de reciclagem, reuso ou serem dispostos em aterros sanitários, geralmente, utilizada para a destinação de resíduos classe I (FONSECA, 2009).

A Resolução CONAMA 316/2002 dispõe sobre procedimentos e critérios para o funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos, além de estabelecer valores limites de emissões atmosféricas e decorre também sobre as condições operacionais do processo de incineração (CARDOZO *et al*, 2021).

O processo da incineração é dividido em cinco etapas: pré-tratamento dos resíduos; combustão em altas temperaturas; controle dos poluentes atmosféricos; controle dos efluentes; e, destinação adequada das cinzas (VERTOWN, 2023).

Os materiais antes de passarem pela incineração devem passar por um pré-tratamento de forma a minimizar o risco de exposição. Enquanto ocorre o processo da incineração, é necessário que parâmetros como tempo de residência, temperatura e oxigenação sejam controlados de maneira constante para que seja obtido o melhor resultado, ou seja maior quantidade de material queimado com menor quantidade de resíduo de processo em menor temperatura. As temperaturas dos incineradores modernos na primeira câmara devem ser no mínimo 800°C e na segunda câmara 1000°C (FONSECA, 2009).

A indicação para os tipos de resíduo a serem encaminhado por esse tipo de tratamento são os resíduos biológicos do tipo A1, A2, A3, A4 (ANVISA, 2004) e qualquer material que entre em contato com o paciente. As cinzas provenientes desse processo podem conter metais tóxicos e por isso sua destinação deve ser de acordo com sua classificação segundo a NBR 10.004 (FONSECA, 2009).

Como rejeito da incineração são gerados dois tipos de cinzas, as cinzas de fundo, que se depositam no fundo da caldeira e as cinzas volantes, coletadas para controle da poluição atmosférica. As cinzas volantes possuem como principal componente contaminante metais tóxicos, sais e compostos orgânicos clorados (SILVA e LANGE, 2008).

As cinzas provenientes desse processo podem conter metais e, por isso, sua destinação deve ser de acordo com sua classificação segundo a NBR 10.004. Por se tratar da combustão de resíduos perigosos é também classificado como resíduo Classe I, perigoso (FONSECA, 2009).

Dentre suas vantagens, a incineração minimiza o volume do resíduo. Como malefício para o meio ambiente pode-se observar a geração das cinzas e emissão de efluentes líquidos e gasosos além da necessidade obrigatória de queima para funcionamento constante, ou seja, se não houver queima de resíduos, será necessária queima de outro combustível. Em Nova Déli, na Índia, um projeto de incineração queimava resíduos com o objetivo de obtenção de energia elétrica, porém os resíduos eram de baixa qualidade, devido a este fato foi necessário recorrer à queima de diesel, o que tornou insustentável e a operação precisou ser finalizada (MACIULIS, 2004; SHAH, 2011).

As plantas incineradoras possuem altos custos operacionais, precisam de constante alimentação de combustível, podem emitir odores durante o processo para os residentes ao entorno, porém por não necessitarem de grande espaço para instalação, os custos com transporte são reduzidos, tais características também podem ser vistas no uso da técnica do coprocessamento. Quando comparadas à aterros sanitários, possuem menor emissão de gases de efeito estufa (LOMBARDI *et al*, 2018), pois os aterros sanitários são depositados resíduos orgânicos putrescíveis que se degradam facilmente.

A contaminação gerada pelos efluentes gasosos pode ser considerada o ponto mais crítico, pois apesar de se diluírem na atmosfera não são facilmente removidos e quando removidos pela chuva podem ter outros tipos de consequências pela deposição ácida. Tratando dos efluentes líquidos gerados durante o processo da incineração, a contaminação do solo é o impacto ambiental negativo que pode ser causado caso não haja o acompanhamento do tratamento dos efluentes após o processo (MACIULIS, 2004).

Visando reduzir o risco causado pelos gases tóxicos gerados durante o processo, os incineradores devem possuir equipamentos com tecnologias avançadas para o monitoramento e tratamento dos gases com foco na minimização das emissões atmosféricas e atendimento à legislação (SILVA e SANTOS, 2018).

### **3.6.3. Reciclagem**

A PNRS determinou que todos os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes têm responsabilidade no recolhimento dos produtos e dos resíduos remanescentes após o uso, assim como na destinação ambientalmente adequada dos

produtos objetos de logística reversa (BRASIL, 2010). Tratando-se de embalagens plásticas de óleo lubrificante, o posto revendedor necessita seguir as legislações vigentes comprovando o descarte correto (SILVA, 2011).

Como exemplo de termoplástico que tem sido utilizado para embalagens de óleo lubrificantes, detergentes, sacolas de supermercados, tambores para tintas, se tem o polietileno de alta densidade (PEAD). Por se tratar de um termoplástico, durante o aquecimento, quase não sofre alteração nas suas estruturas químicas na sua reciclagem mecânica e podem ser moldados novamente, e depois são resfriados (JOPPERT Jr., 2008).

As principais características do PEAD são o baixo custo, baixo coeficiente de atrito, maciez, flexibilidade, elevada resistência química a solventes, facilidade de processamento, baixa permeabilidade à água, não é tóxico, ausência de odor e possui excelentes propriedades isolantes. Por possuir todas essas qualidades, este é um dos plásticos mais comercializado. E, por ter degradação muito lenta, podem ser reciclados várias vezes (JOPPERT Jr., 2008).

As embalagens plásticas de óleos comestíveis são importantes para proteger da oxidação, manter o odor e sabor do produto envasado. Outros exemplos são os produtos como agrotóxicos que quando mantidos em suas embalagens plásticas não causam danos ao humano ou ao meio ambiente (JOPPERT Jr., 2008).

As embalagens plásticas podem ser reprocessadas e recicladas mais de uma vez e por ter alto potencial energético podem preservar outras fontes de energia. As embalagens de óleo lubrificante pós uso devem ser coletadas e armazenadas corretamente para posterior reciclagem ou reuso (RAMALHO, 2006).

A problemática sobre o descarte incorreto da embalagem de óleo lubrificante pós uso acontece, pois existe falta de infra-estrutura e educação ambiental na maior parte do país para o gerenciamento adequado deste tipo de resíduo ou de qualquer outro resíduo. A embalagem com óleo residual deve ser separada das outras embalagens, pois esse óleo residual aumenta o índice de fluidez do plástico e torna o processo de reciclagem mais complexo, pois mantém o odor do óleo e maior dificuldade no processamento do plástico (RAMALHO, 2006). Assim, a embalagem com óleo residual pode passar por etapas que permitam a reciclagem e a manutenção das propriedades originais do plástico da embalagem.

A pesquisa revelou que, apesar de algumas pessoas terem conhecimento sobre as práticas corretas, muitas ainda são totalmente desinformadas sobre o assunto, resultando

em uma grande parcela da população entrevistada descartando o óleo usado de maneira inadequada (JESUS, 2024).

A queima indiscriminada de óleo lubrificante usado sem o prévio tratamento de desmetalização produz emissões significativas de óxidos metálicos, além de outros gases tóxicos, como dioxinas e óxidos de enxofre (MILAN, 2011; AGUIAR *et al.*, 2021).

Em estudo realizado por Lopes *et al* (2008) foi possível verificar que o volume médio de óleo residual para cada embalagem era 11,58 mL. Apesar da quantidade baixa para uma única embalagem, a poluição gerada pelo descarte de uma tonelada por dia de óleo equivale ao esgoto doméstico de 40 mil habitantes (AMBIENTEBRASIL, 2001). Visando a não ocorrência destes impactos, é necessário realizar o desenvolvimento de tecnologias de tratamento para remoção do óleo e tratamento dos efluentes gerados durante o processo (RAMALHO, 2006).

Em estudo (PIRES, 2006), foi possível realizar testes com três técnicas para remoção do óleo residual: extrusão em cascata; extração do óleo por solvente e lavagem com detergente. Como resultado obteve-se melhor eficiência na última técnica além de obter nesta menor risco operacional.

Quando é realizada a reciclagem mecânica para a fabricação do plástico reciclado é possível economizar 70% de energia, além da redução no impacto ambiental negativo que seria causado se o produto tivesse sido descartado no meio ambiente. O plástico reciclado é um produto muito versátil, podendo ser utilizado tanto como matéria-prima ou em novos mercados (SANTOS *et al.*, 2004).

Para que o processo da reciclagem aconteça de forma eficiente é necessário que ocorra a segregação adequada na fonte geradora e acondicionamento de acordo com a conservação do material a ser reciclado. Concomitantemente é disseminado o entendimento errado sobre a atividade dos catadores, transmitindo a informação que estes podem recolher qualquer tipo de material e resíduo, o que dificulta a eficácia do tratamento da embalagem contaminada com óleo (PLASTIVIDA, 2023).

Considerando a reciclagem do PEAD, por conta de suas próprias características como polímero em suportar diversas vezes passar por processos de transformação, moldagem e ter versatilidade de uso quando pós reciclado, se torna um ótimo aliado dessa tecnologia (JOPPERT Jr. 2008). A reciclagem química consiste na recuperação dos plásticos transformando-os em monômeros ou misturas de hidrocarbonetos que podem ser usados como matérias-primas na indústria petroquímica. Nesse tipo de reciclagem é possível misturar alguns tipos de plásticos com redução de custos de coleta, pré-tratamento e

seleção. Como exemplos de processo de reciclagem química tem-se a hidrogenação, gaseificação, quimólise e pirólise, todos estes tem como objetivo a recuperação dos componentes químicos para serem utilizados como produtos químicos (PLASTIVIDA, 2023).

A reciclagem energética consiste em transformar os resíduos em energia elétrica e térmica com objetivo de aproveitar o alto poder calorífico existente nos plásticos para uso como combustível. Essa tecnologia se diferencia da incineração, pois utiliza os resíduos plásticos como combustível para geração de energia elétrica. Com essa técnica, ocorre redução de 70% a 90% do resíduo (AMBIENTEBRASIL, 2006).

Na reciclagem energética, pode se ter a geração de vapor. Durante o processo da queima é gerado vapor que movimenta as pás ligadas a uma turbina, os movimentos giratórios da turbina alteram o fluxo dentro do gerador e é gerada a energia elétrica que pode ser utilizada pelas residências, indústrias etc. Tal processo gera economia, pois não há necessidade de obtenção de energia contratada (VERTOWN, 2023).

O resíduo de óleo através do re-refino pode ser transformado em biodiesel e ao invés de gerar impacto negativo ao meio ambiente, gera impacto positivo através de uma nova utilização, ocorrendo redução do consumo de combustíveis fósseis e incentivo ao consumo de combustíveis renováveis (MEDEIROS, *et al.* 2018).

#### **3.6.4. Aterros de resíduos Classe I**

No Brasil, o lixão ou disposição de lixo à céu aberto foi uma das primeiras formas de descartar os resíduos, técnica totalmente inadequada por dispor o resíduo diretamente no solo sem qualquer tipo de planejamento, cuidado com o meio ambiente ou com a saúde pública. Nesses locais frequentemente existem catadores que tem contato direto com esses resíduos o que compromete em alto nível sua saúde (ALMEIDA, 2017).

Através da PNRS ocorreu a proibição da disposição do lixo à céu aberto com prazo para regularização até 2014. Os municípios que não cumprissem seriam acusados de cometerem crime ambiental (FONSECA, 2018).

Visando reduzir a disseminação de doenças e seus vetores, foi criado o aterro controlado (AC), onde há uma cobertura nos resíduos de camada inerte no final do dia. Assim como o lixão, por não haver tratamento do lixiviado nem impermeabilização das bases pode haver comprometimento das águas subterrâneas, se enquadrando também em uma forma inadequada de disposição (ALMEIDA, 2017).

Com o objetivo de controlar o impacto ambiental e aumentar a proteção à saúde pública surgiu o aterro sanitário (AS), método esse ambientalmente correto quando se trata de resíduos sólidos urbanos. O AS é uma obra baseada em normas específicas que apresenta impermeabilização de base, controle e drenagem do percolado e de gás e cobertura diária do resíduo com material inerte (CEMPRE, 2018).

O aterro industrial veio como solução para destinação final de resíduos classes I, IIA ou IIB, dependendo da periculosidade dos resíduos. O aterro industrial deverá conter basicamente em sua estrutura física: a impermeabilização das trincheiras, o tratamento de efluentes, o tratamento dos gases, a drenagem de águas pluviais e os barracões de reciclagem, armazenagem e manutenção. Nestes aterros, se necessita de maior investimento e tecnologias mais avançadas para obter o maior controle da disposição dos resíduos no solo, comparado ao aterro sanitário (FONSECA, 2018).

Como melhorias para o funcionamento do aterro podem ser consideradas a impermeabilização das bases do aterro, impedindo que o solo seja contaminado, instalação de sistema de drenagem de águas pluviais, evitando o acúmulo de água de chuva que pode causar instabilidade e erosão e instalação de áreas de reciclagem, armazenamento e manutenção, visando a gestão mais eficaz do aterro. É imprescindível a implementação de medidas de controle e legislações que reduzam a emissão de gases e evitem a contaminação do meio ambiente (TERRA NOVA AMBIENTAL, 2023).

Para a construção de um Aterro de Resíduos Industriais Perigosos (ARIP) é necessária aprovação pelo órgão ambiental competente, pois requer projeto elaborado considerando características geográfica, topográfica e hidrogeológica do local onde será construído o aterro, além de ser necessário seguir as instruções descritas na ABNT NBR 10.157/87 para aterros de resíduos perigosos (MOLIN, *et al.* 2010; BRASIL, 1987).

É necessário ter atenção durante a escolha dos resíduos que serão dispostos no aterro industrial, pois se tratando de resíduos industriais podem existir aqueles que são incompatíveis quimicamente e, conseqüentemente, reagem entre si, podendo gerar calor, explosão, gases tóxicos etc (LOUREIRO, 2005).

### **3.7. Logística reversa**

As empresas normalmente já funcionam seguindo algum tipo de logística para que ocorra seu pleno funcionamento. De acordo com Mimouni e Abouabdellah (2016), o conceito de logística reversa diz respeito à gestão de devoluções e aos processos de recuperação de produtos. Essa abordagem envolve as atividades logísticas de uma

organização aplicadas no sentido contrário das práticas normalmente adotadas na cadeia de suprimentos da empresa. As possibilidades de reinserção do produto no ciclo produtivo vêm através da coleta, retorno ao fornecedor, revenda, recondicionamento e reciclagem (LACERDA, 2002; OLIVEIRA *et al.*, 2022).

As possibilidades para o reprocessamento do material podem variar, dependendo do tipo do produto que retorna à empresa, existe o caminho da revenda, recondicionamento e caso não haja reaproveitamento para o material, a solução é a reciclagem. Em último caso, o produto será descartado, porém de forma ambientalmente correta, pois será direcionado para a reciclagem (MEDEIROS, *et al.* 2018).

No estudo de Demajorovic e Sencovici (2015) foram levantadas informações sobre as dificuldades na logística reversa do óleo lubrificante e suas embalagens, pois, além dos entraves para o tratamento do óleo e das embalagens, é necessário ter a coleta dos resíduos pós-consumo em toda a cadeia produtiva. A legislação de alguns países responsabiliza os produtores para a coleta, tratamento e descarte ambientalmente corretos. No caso do Brasil, existem duas legislações (Lei 12.305 (Brasil, 2010) e Resolução CONAMA nº313 (Brasil, 2002) que obrigam os principais envolvidos como fabricantes, vendedores e o poder público a serem responsáveis pelas atividades que viabilizem a coleta e, sempre que possível, o reaproveitamento do resíduo.

Em estudo realizado por Nascimento *et al.* (2019) foi possível observar as ações implementadas por quatro empresas, onde duas destas eram de óleos vegetais, atendendo a logística reversa. Como resultado verificou-se que o foco inicial das empresas era atender às legislações ambientais e, em seguida, ter uma boa imagem com o público-alvo. As principais ações implantadas foram descontos caso o consumidor retornasse as embalagens; parcerias com empresas de reciclagem para produção de suas embalagens; troca de óleo usado por sabão ecológico e transformação de óleo usado em biocombustível, além de destinação das embalagens para recicladoras. Foi possível verificar que umas das maiores dificuldades para realização da logística reversa é que as empresas possuem poucos pontos de coleta (NASCIMENTO *et al* 2019).

Nessa mesma linha de pensamento, de acordo com os estudos de Vieira, Nadaleti e Sarto (2020), à medida que a produção de biodiesel tem crescido ao longo dos anos, torna-se cada vez mais importante introduzir novas matérias-primas em sua cadeia, visando reduzir a dependência do óleo de soja e aumentar a competitividade desse biocombustível. Nesse contexto, a utilização do óleo vegetal usado emerge como uma alternativa promissora, pois ajuda a mitigar a poluição decorrente do descarte inadequado, além de

trazer benefícios econômicos e sociais (OLIVEIRA *et al.*, 2022). O planejamento e a implementação da prática da logística reversa em qualquer tipo de empresa podem gerar benefícios econômicos e ambientais, ocorrência de redução de custos, atendimento às legislações e melhoria no relacionamento entre o cliente e o fornecedor, contudo se tem a geração de materiais são reaproveitados (NASCIMENTO, *et al.*, 2019).

Como exemplo se tem as empresas Melissa e Boticário que passaram a utilizar o sistema de logística reversa. No caso da Melissa iniciou seu programa em 2019 instalando coletores em suas lojas próprias, dessa forma o calçado pode compor um novo calçado ou seguir para recicladores cadastrados. Já O Boticário, criou o Programa Boti Recicla em 2006, no qual recebe embalagens vazias de cosméticos de qualquer marca, além de dar a destinação correta a embalagens, há um programa de descontos (VEGMAG, 2022; BOTICÁRIO, 2022). Esses exemplos podem ser seguidos por empresas que comercializam óleo embalado.

### **3.8. Economia circular e resíduos sólidos**

Segundo o estudo de Azevedo (2015), a economia circular, conceito nascido na década de 70 a partir da ideia de reduzir o consumo de insumos para a produção industrial, pressupõe a economia linear com os princípios de extrair, transformar e descartar e visa a implantação de um modelo onde todos os tipos de materiais são elaborados para voltar ao ciclo produtivo (circular) de maneira eficiente e serem recolocados na produção. Ela aborda também que esse tipo de modelo divide os materiais em dois grupos: biológicos, desenhados para reinserção na natureza, e os técnicos, que exigem alto investimento em inovação para serem desmontados e recuperados. O estudo mostra que apesar do conceito não ser recente, no Brasil, começou a ser buscado a partir de 2012 (KORHONEN *et al.*, 2018).

Estima-se que em 2050 a população mundial irá crescer até 9 bilhões de pessoas, o que implica em impacto ambiental altíssimo caso não sejam mudadas as escolhas para produção industrial, como redução da biodiversidade e escassez de matéria-prima. Dessa forma, a economia circular se fundamenta em várias diretrizes, incluindo o desenvolvimento de produtos fabricados que agregam valor e são projetados para ter uma vida útil mais longa, além da criação de itens versáteis que podem ser utilizados de diferentes maneiras ao longo do tempo, garantindo a reutilização eficiente de recursos (ARRUDA *et al.*, 2021).

No estudo de Arruda et al. (2021) é argumentado que a riqueza das nações está diretamente ligada ao avanço tecnológico, desde a mecanização até a digitalização, devido ao modelo linear de extração-produção-descarte. Nesse contexto, os designers industriais desempenham um papel crucial nessa transição tendo como objetivo criar produtos esteticamente agradáveis e funcionais, uma vez que tanto o consumo quanto o desperdício são influenciados pelo design dos produtos. No estudo é proposto o *Design Thinking* como uma abordagem colaborativa que visa converter necessidades em demanda, impulsionada por mudanças legislativas e incentivos. Além disso, destaca a importância da educação em sustentabilidade desde os estágios iniciais da formação em design, visando preparar profissionais para atender às demandas de uma economia mais circular (ARRUDA *et al.*, 2021).

Os países da União Europeia e da China estão progredindo na adoção do modelo circular. Enquanto a China estabeleceu uma legislação específica sobre economia circular em 2008, a União Europeia aprovou seu Plano de Ação para implementação em 2015, o qual incorporou um sistema de monitoramento para avaliar o avanço nesse sentido (MORAGA et al., 2019). As políticas destacadas na China e União Europeia contradizem as estratégias adotadas em outros países, principalmente na América, demonstrando a falta de impulso e direção dos esforços de pesquisa para a implementação desse modelo (CARDOSO *et al.*, 2022).

Segundo um levantamento da Associação Brasileira de Empresa de Limpeza Pública (ABRELPE, 2022), a destinação adequada das embalagens plásticas de óleo lubrificante aumentou na última década, passando de 2.870 toneladas de embalagens recebidas, das quais 2.538 toneladas foram recicladas em 2012, para 5.1934 toneladas recebidas e 4.774 toneladas recicladas em 2021, o que perfaz um índice de 88,4% e 91,9% de reciclagem, respectivamente. No Brasil, o Instituto Jogue Limpo é um programa de logística reversa de embalagens de óleo lubrificante atuante em 19 estados e de OLUC nos 26 estados, coletou e destinou para a reciclagem (re-refino) respectivamente, em 2021, 62.417.675 litros e 62.236.318 litros de OLUC, cujo montante representa um aproveitamento de 99,7% do total coletado (ABRELPE, 2022).

A logística reversa aplicada na gestão do óleo vegetal residual de fritura influencia diretamente no desenvolvimento sustentável, possibilitando o reaproveitamento, reciclagem e, conseqüentemente, a valorização do resíduo (MORAIS *et al.*, 2021).

Tratando-se de um panorama geral no Brasil, os dados levantados pela ABRELPE em 2022, a maior parte dos resíduos sólidos urbanos coletados foi destinada para aterro

sanitário (61%), porém os lixões e aterros controlados considerados formas de destinação inadequada, permanecem recebendo 39% dos resíduos gerados (ABRELPE, 2022).

### **3.9. Análise SWOT**

A definição mais conhecida do termo “desenvolvimento sustentável” encontra-se no documento “Estratégia de Conservação Mundial” redigido em 1980 por uma comissão mundial criada pela Assembleia Geral das Nações Unidas. Este livro define este termo como desenvolvimento capaz de suprir as necessidades da geração presente, sem comprometer a capacidade de atender as necessidades das gerações que estão por vir. É o desenvolvimento que anda em igualdade com a conservação dos limites dos recursos naturais (BARBIERI, 2020).

Outro conceito que adentrou no meio corporativo foi a sustentabilidade com seu significado advindo da biologia, usado para verificar quanto um meio suporta mudanças sem ser destruído por completo, após utilizado pela ecologia para estudo da conservação e preservação dos ambientes naturais, tal conceito tem um peso homérico para as empresas. A sustentabilidade por poder ser vista como ponto de vista estratégico pode trazer ascensões ou baixas nas empresas, dependendo de como for utilizada para a administração da empresa (SZKLO e MAGRINI, 2008).

Após a introdução da sustentabilidade no ambiente empresarial, surgiu a dúvida de como medir o quão sustentável a empresa é, pois por abranger diversos temas dentro deste conceito, são necessárias o uso de diferentes métricas para mensurar a sustentabilidade (SLAPER e HALL, 2011).

Visando solucionar a problemática na análise da métrica da sustentabilidade, a Matriz SWOT (*Strength, Weakness, Opportunities and Treats*) surgiu como caminho para avaliar tecnologias considerando os aspectos econômicos, ambientais e sociais. Esta ferramenta pode ser utilizada em diversos ambientes empresariais, como por exemplo no estudo de Loch, Nardi e Rojo (2016) para avaliação da promoção da sustentabilidade desenvolvida pelas empresas do setor de agronegócio.

A Matriz SWOT, após sua estruturação entre as décadas de 1950 e 1960, ainda atualmente contribui na construção da parte estratégica e de diagnósticos dos ambientes internos e externos. A análise demonstra de forma mais clara todos os pontos do diagnóstico empresarial a partir do planejamento estratégico para decisões em curto, médio e longo prazo (FERNANDES, 2012).

Essa ferramenta de análise estratégica tem sido utilizada para análises de empresas no mercado, de produtos e escolhas de fornecedores, porém verificou-se que é uma excelente solução para análise de técnicas de tratamento de destinação de resíduos, identificando seus pontos fracos e fortes e propondo estratégias para cada realidade (OCHÁRAN, 2017).

Por definição a matriz SWOT é uma ferramenta de análise estratégica que determina ameaças, fraquezas, forças e oportunidades, levando em conta o ambiente externo e interno da unidade em questão. Segundo Jhonson, Scholes e Whittington (2006), o ambiente externo é considerado o macroentorno, fatores demográficos, políticos, tecnológicos, tendências econômicas, ou seja, fatores que não dependem da empresa em si ou que não podem ser controlados por esta (CASTRO, 2019).

No estudo de May (2010) é destacado que os fatores ambientais, biodiversidade, ecossistemas e recursos naturais passaram a ser considerados como fatores externos para verificação do impacto ambiental na tomada de decisão.

O ambiente interno está relacionado à disponibilidade de recursos humanos, disponibilidade de recursos financeiros, políticas internas, inovação e características da empresa que impactem diretamente seu desenvolvimento (FERREL e HARTLINES, 2012).

As oportunidades são condições disponíveis no presente no ambiente externo que se obtidas pela empresa irão intensificar seu planejamento estratégico, enquanto as ameaças apesar de também serem condições do ambiente externo, poderiam atrapalhar o crescimento da empresa, no âmbito estratégico (HITT, IRELAND E HOSKISSON, 2015).

Já as forças e fraquezas são as características da própria organização que podem ser recursos e qualidades que irão auxiliar no alcance das oportunidades ou deficiências que irão dificultar seu desenvolvimento como empresa (MEGGINSON, MOSLEY E PIETRI, 1998).

#### **4. METODOLOGIA**

Para atingir tal objetivo foram delineadas as seguintes etapas de trabalho:

- Identificação dos resíduos sólidos contaminados por óleo, segundo suas atividades;
- Caracterização técnica das possíveis tecnologias de tratamentos para tais resíduos.

- Análise através da Matriz SWOT dos tratamentos, considerando os aspectos técnicos, ambientais, sociais e econômicos;

Primeiramente, foi realizada uma pesquisa bibliográfica para identificação de tecnologias de tratamento estudadas para os resíduos sólidos contaminados com óleo e das atividades que geram esse tipo de resíduo.

A pesquisa bibliográfica foi realizada a partir da busca de palavras-chaves no portal Periódicos CAPES (<https://www.periodicos.capes.gov.br>), como o da PUC-RS (<https://repositorio.pucrs.br/dspace/>), nos e-books do site [www.epersol.com.br](http://www.epersol.com.br) e o Repositório Poli [repositorio.poli.ufrj.br](http://repositorio.poli.ufrj.br). As palavras-chaves buscadas foram: resíduos sólidos, tratamento de resíduos, contaminação com óleo, gerenciamento de resíduos, indústria de petróleo, óleo lubrificante, óleo vegetal usado. Foram consultados artigos, livros técnicos, teses e dissertações, assim como leis e normas brasileiras.

Neste estudo, foram identificadas as forças, fraquezas, ameaças e oportunidades de cada um dos tratamentos (coprocessamento, incineração, reciclagem e aterro) para resíduos sólidos contaminados com óleo, então foi montada a matriz para realização da análise SWOT. Como se está tratando de técnicas de tratamento de resíduos, foram considerados como ambiente interno o tratamento (o processo) e ambiente externo as legislações vigentes, educação ambiental e a coleta seletiva no país.

Na matriz SWOT, os quadrantes foram usados para delimitar os fatores internos e externos, positivos ou negativos como apresentado na Figura 1 (O AUTOR, 2024).

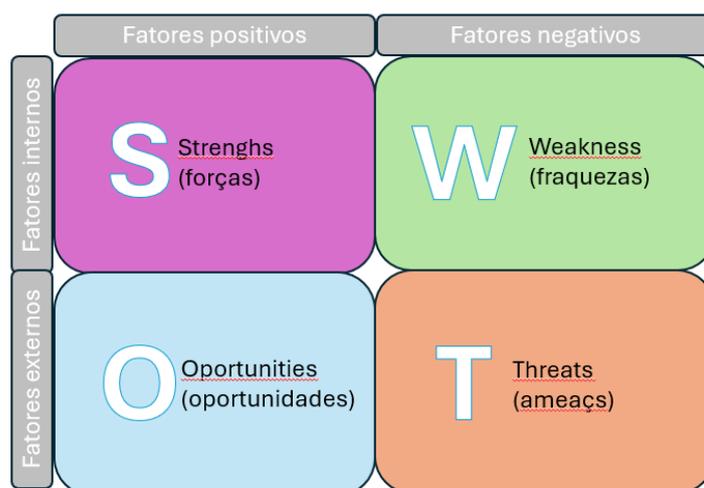


Figura 1 - Detalhamento dos quadrantes da matriz SWOT. Fonte: (O AUTOR, 2024; ROCK CONTENT, 2020).

Neste estudo, foram identificadas as forças, fraquezas, ameaças e oportunidades de cada um dos tratamentos (coprocessamento, incineração, reciclagem e aterro) para resíduos sólidos contaminados com óleo, então foi montada a matriz para realização da análise SWOT. Como se está tratando de técnicas de tratamento de resíduos, foram considerados como ambiente interno o tratamento (o processo) e ambiente externo as legislações vigentes, educação ambiental e a coleta seletiva no país.

Após as forças, fraquezas, oportunidades e ameaças de cada uma das técnicas serem identificadas e listadas, foi realizada uma análise conhecida como TOWS, criada para melhorar a compreensão e elaboração das estratégias que buscam as soluções para impulsionar pontos fortes e superar as fraquezas. Para realizar a análise TOWS foi preciso seguir as seguintes premissas (ASADPOURIAN *et al.*, 2020; GOTTFRIED *et al.*, 2018; REIBMANN *et al.*, 2018):

- S-O: usar forças internas (S) para gerar lucro através das oportunidades externas (O) – estratégias de desenvolvimento;
- W-O: superar as fraquezas internas (W) através das oportunidades externas (O), com objetivo de identificar as áreas de melhoria, ou seja, construir estratégias de reforço;
- S-T: alavancar forças internas (S) para minimizar as ameaças externas (T) – estratégias de manutenção;
- W-T: combater as fraquezas internas (W) para mitigar as ameaças externas (T) - estratégias de sobrevivência.

Para determinação do estágio em que cada técnica de tratamento se encontra, foi realizado o cruzamento dos itens da matriz SWOT: S-O, S-T, W-O, W-T, que formam respectivamente os quadrantes I (Desenvolvimento), II (Manutenção), III (Crescimento) e IV (Sobrevivência), como mostra a Tabela 1. Foi considerado que cada fator tem a mesma importância e os valores foram somados de forma cruzada, segundo seu quadrante (GÜREL, 2017; HELMS e NIXON, 2010; SRIVASTAVA *et al.*, 2005).

Tabela 1 - Cruzamento dos elementos da matriz SWOT

		Ambiente externo	
		Oportunidade (O)	Ameaça (T)
Ambiente Interno	Força (S)	(S + O) Desenvolvimento	(S + T) Manutenção
	Fraqueza (W)	(W + O) Crescimento	(W + T) Sobrevivência

Fonte: Gürel, 2017; Helms e Nixon, 2010; Srivastava *et al.*, 2005.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os aspectos técnicos e ambientais de cada técnica de tratamento estão descritos, discutidos e avaliados para embasar a análise SWOT, cuja discussão buscou o atendimento à economia circular.

A lista das forças, fraquezas, oportunidades e ameaças são indicadas nas Tabelas 2, 3, 4 e 5, considerando os aspectos positivos e negativos, fatores internos e externos, obtidos através da pesquisa bibliográfica aplicado para o tratamento de resíduos sólidos contaminados com óleo.

Tabela 2 - Forças do ambiente interno das técnicas de tratamento

FORÇAS (S)
<p><b>Coprocessamento:</b>                      S1- Aceita os resíduos sólidos contaminados com óleo mineral e vegetal (GUIMARÃES, 2015);                      S2- Baixo custo para destruição do resíduo contaminado com óleo (ABCP, 2019);                      S3- A presença de óleo no resíduo deve aumentar o poder calorífico dos resíduos;                      S4- Serve como combustível alternativo em substituição a combustíveis tradicionais (CONAMA nº 499, 2020);                      S5- Redução dos gases de efeito estufa normalmente emitido pelas cimenteiras (AGUIAR et al. 2021);                      S6- Conservação de fontes energéticas não renováveis pelo fato do resíduo ser utilizado como fonte de energia ao invés de fontes combustíveis tradicionais (FERRARI. 2014);                      S7- Boa qualidade ambiental e técnica do produto final da produção das cimenteiras quando usa o coprocessamento (FERRARI, 2014; CEMBUREAU, 2009; ABCP, 2019).                      S8- Incorporação das cinzas na produção do clínquer (FERRARI. 2014);                      S9- Aumento da geração de energia térmica (AGUIAR et al. 2021);                      S10- Destruição de 100% dos resíduos (ABCP, 2019);</p>

S11- Neutralização de gases ácidos, óxidos de enxofre e cloreto de hidrogênio (ABCP, 2019);  
S12- Menor riscos de contaminação do solo e lençóis freáticos quando comparado as outras técnicas descritas nesse trabalho (ABCP, 2019);  
S13- Garante a combustão completa (ABCP, 2019);  
S14- Redução da geração de odores quando comparado ao aterro Classe I (ABCP, 2019);  
S15- Ajuda no aumento da vida útil dos aterros sanitários (ABCP, 2022);  
S16- Proporciona a redução do volume do resíduo (MACIULIS, 2004);  
S17- Uso reduzido de terra, necessita de menor espaço comparado ao aterro (LOMBARDI et al, 2018);  
S18- Promoção da economia circular;

**Incineração:**

S1- Proporciona a redução do volume do resíduo (MACIULIS, 2004);  
S2- Uso reduzido de terra, necessita de menor espaço para instalação das plantas incineradoras (LOMBARDI et al, 2018);  
S3- Realiza a degradação oxidativa da parcela orgânica (FIRJAN, 2006; ISOTEC AMBIENTAL, 2016);  
S4- Minimização de toxicidade do resíduo (FIRJAN, 2006; ISOTEC AMBIENTAL, 2016);  
S5- Menor emissão de gases do efeito estufa, quando comparado a aterros sanitários que emitem CH<sub>4</sub> (LOMBARDI et al, 2018);  
S6- Baixo custo de transporte, pois as instalações de incineração de resíduos podem ser localizadas perto de áreas urbanas, já que necessitam de pouco espaço (LOMBARDI et al, 2018);  
S7- A presença de óleo no resíduo aumenta o poder calorífico dos resíduos, o que favorece a incineração (AGUIAR *et al.*, 2021).  
S8- Técnica geralmente utilizada para a destinação de resíduos classe I (LOMBARDI et al, 2018).  
S9- Possuem equipamentos com tecnologias avançadas para o monitoramento e tratamento dos gases tem menor emissão de efluentes (FIRJAN, 2006; ISOTEC AMBIENTAL, 2016).  
S10- Permite a redução do impacto ambiental negativo dos resíduos perigosos (FIRJAN, 2006; ISOTEC AMBIENTAL, 2016)

**Reciclagem:**

S1- Redução do uso matéria-prima virgem (SANTOS et al, 2004);  
S2- Na reciclagem química é possível misturar alguns tipos de plásticos com redução de custos de coleta, pré-tratamento e seleção (PLASTIVIDA, 2023);  
S3- Redução do consumo de combustíveis fósseis com a geração de biodiesel (MEDEIROS, et al. 2018);  
S4- A realização da reciclagem conduz a economia de energia (SANTOS et al, 2004);  
S5- Redução do impacto ambiental negativo que os resíduos podem causar (SANTOS et al., 2004);  
S6- O plástico reciclado é um produto muito versátil, podendo ser utilizado no mesmo ciclo produtivo original ou em outro ciclo produtivo (SANTOS et al., 2004);  
S7- O resíduo de óleo comestível através de reciclagem pode ser transformado em biodiesel (MEDEIROS, et al. 2018);

S8- Diferentes formas de realização, que podem ser mecânicas, químicas ou energéticas (VERTOWN, 2023);  
 S9- No caso da reciclagem energética, se tem a geração de energia térmica (VERTOWN, 2023);  
 S10- As embalagens plásticas podem ser reprocessadas e recicladas mais de uma vez e por ter alto potencial energético podem preservar outras fontes de energia (JOPPERT Jr., 2008);  
 S11- No caso de termoplásticos, principal componente de embalagens de óleo lubrificante, durante sua reciclagem, quase não sofre alteração nas suas estruturas químicas (JOPPERT Jr., 2008);  
 S12- A embalagem com óleo residual (comestível ou lubrificante) pode passar por etapas de beneficiamento que permitam a reciclagem (JESUS, 2024);  
 S13- Promoção da economia circular;  
 S14- Ocorre redução de 70% a 90% da massa do resíduo na reciclagem energética (AMBIENTEBRASIL, 2006).

**Aterro Classe I:**

S1- Redução de impacto à saúde pública (FONSECA, 2018);  
 S2- Redução da disseminação de pragas e vetores (CEMPRE, 2018);  
 S3- Solução para destinação final de resíduos classes I, IIA ou IIB.

Fonte: O AUTOR (2024)

Tabela 3 - Fraquezas do ambiente interno das técnicas de tratamento

FRAQUEZAS (W)
<p><b>Coprocessamento:</b>            W1- Necessidade de alimentação contínua dos fornos (GUIMARÃES, 2015);            W2- Necessidade de monitoramento constante (GUIMARÃES, 2015);            W3- Emissão de gás do efeito estufa (CO<sub>2</sub>) (GUIMARÃES, 2015);            W4- Possibilidade de volatilização de metais, pois se trabalha em temperaturas acima do ponto de ebulição de muitos metais (GUIMARÃES, 2015);            W5- Pode conter baixa concentração de poeira, cloretos, dióxido de enxofre, compostos orgânicos e alta concentração de metais, dentre outros poluentes (CARVALHO, 2011; ARAUJO, 2020);            W6- Inviabilidade com resíduos de baixo poder calorífico, por essa razão se faz a blendagem para misturar resíduos de baixo poder calorífico com resíduos de alto poder calorífico (AGUIAR <i>et al.</i>, 2021);            W7- Toxicidade humana foi o principal impacto negativo ao aplicarem a Avaliação do Ciclo de Vida na cadeia do coprocessamento para a produção de uma tonelada de clínquer por conta da geração de gases tóxicos (MACIULIS, 2004);            W8- Custo com equipe especializada para monitoramento das emissões constante (MACIULIS, 2004);            W9- Não permite a destruição de compostos inorgânicos (FIRJAN, 2006; ISOTEC AMBIENTAL, 2016);</p>

<p>W10- Necessidade de manutenção dos equipamentos por desgaste devido ao contato com substâncias químicas e altas temperaturas utilizadas (MACIULIS, 2004);</p> <p>W11- Altos custos operacionais (LOMBARDI et al, 2018);</p> <p>W12- Necessita da blendagem que gera resíduos e rejeitos, os quais precisaram ser direcionados para outros destinos (AGUIAR, 2021).</p>
<p><b>Incineração:</b></p> <p>W1- Custo com equipe especializada para monitoramento das emissões constante (MACIULIS, 2004);</p> <p>W2- Não permite a destruição de compostos inorgânicos (FIRJAN, 2006; ISOTEC AMBIENTAL, 2016);</p> <p>W3- Geração de efluentes líquidos e gasosos (MACIULIS, 2004);</p> <p>W4- Geração de cinzas volantes possuem como principal componente contaminante metais, sais e compostos orgânicos clorados (SILVA e LANGE, 2008);</p> <p>W5- Geração de gases tóxicos (MACIULIS, 2004);</p> <p>W6- Necessidade de manutenção dos equipamentos por desgaste devido ao contato com substâncias químicas e altas temperaturas utilizadas (MACIULIS, 2004);</p> <p>W7- Altos custos operacionais (LOMBARDI et al, 2018);</p> <p>W8- Pode gerar odor (LOMBARDI et al, 2018);</p> <p>W9- Utilização constante de combustível (LOMBARDI et al, 2018);</p> <p>W10- Produção de gases de efeito estufa (CO<sub>2</sub>);</p> <p>W11- Necessidade de combustível auxiliar para resíduos com baixo poder calorífico;</p> <p>W12- Necessidade de controle constante de parâmetros como tempo de residência, temperatura e oxigenação (FONSECA, 2009).</p>
<p><b>Reciclagem:</b></p> <p>W1- Segregação de materiais na fonte geradora (PLASTIVIDA, 2023);</p> <p>W2- Necessidade de descontaminação para a reciclagem da embalagem com óleo residual, pois esse óleo residual aumenta o índice de fluidez do plástico (RAMALHO, 2006);</p> <p>W3- Necessidade de acondicionamento adequado da embalagem e do óleo para encaminhamento para a reciclagem (PLASTIVIDA, 2023);</p>
<p><b>Aterro Classe I:</b></p> <p>W1- Maior investimento em tecnologias e operação quando comparado a reciclagem (FONSECA, 2018);</p> <p>W2- Possibilidade de reação química entre os resíduos (LOUREIRO, 2005);</p> <p>W3- Necessidade de medidas de controle que reduzam a emissão de gases e evitem a contaminação do meio ambiente (TERRA NOVA AMBIENTAL, 2023).</p>

Fonte: o AUTOR (2024)

Tabela 4 - oportunidades do ambiente externo das técnicas de tratamento

**OPORTUNIDADES (O)**

**Coprocessamento:**

- O1- Marco legal da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei nº12.305/2010 (BRASIL, 2010);
- O2- Marco legal da Resolução CONAMA 499/2020 (BRASIL, 2020);
- O3- Resolução CONAMA 316/2002 - estabelece parâmetros para emissões atmosféricas (BRASIL, 2002);
- O4- Marco legal do Decreto nº 10.936/2022 - regulamenta a Lei nº12.305, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos;
- O5- Marco legal da Resolução CONAMA nº 313 de 2002- inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais (BRASIL, 2002);
- O6- Redução dos custos de produção do clínquer, pois este é diretamente afetado pelos preços dos combustíveis convencionais (FERRARI, 2014).
- O7- O órgão ambiental, com suas leis, é mais rígido com cimenteiras que queimam resíduos, assim elas se tornam mais limpas quando realizam o coprocessamento.
- O8- Controle e monitoramento são oportunidades para a coprocessamento ser mais benéfico para a sociedade

**Incineração:**

- O1- Marco legal da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei nº12.305/2010 (BRASIL, 2010);
- O2- Resolução CONAMA 316/2002 - estabelece parâmetros para emissões atmosféricas (BRASIL, 2002);
- O3- Resolução CONAMA Nº 386, de dezembro de 2006 – que altera o Artigo 18 da Resolução Conama Nº 316 (BRASIL, 2006);
- O4- Marco legal da Resolução CONAMA nº 313 de 2002- inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais (BRASIL, 2002);
- O5- As plantas de incineradores devem se envolver com a comunidade local e ser transparentes sobre suas operações (LOMBARDI et al, 2018).

**Reciclagem:**

- O1- Caso a logística reversa seja implantada, haverá benefícios com aumento de material a ser encaminhado para a reciclagem (LACERDA, 2002);
- O2- Marco legal da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei nº12.305/2010 (BRASIL, 2010);
- O3- Marco legal do Decreto 10.936 de 2022, que regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2022);
- O4- Marco legal da Resolução CONAMA nº 313 de 2002- inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais (BRASIL, 2002);
- O5- Incentivo como pontos de coleta e locais para troca de embalagens usadas como forma de desconto das empresas privadas em programas de conscientização e reciclagem (JOPPERT, 2018);
- O6- Criação de empregos e atividade econômica nas indústrias de reciclagem e manufatura (LOMBARDI et al, 2018);
- O7- Incentivo das sociedades e instituições públicas às cooperativas de catadores de materiais recicláveis de apoiarem projetos com a coleta de resíduos contaminados com óleo (LOMBARDI et al, 2018)

**Aterro Classe I:**

O1- Marco legal da Resolução Conama 237 de 19 de dezembro de 1997 - Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental de forma geral (BRASIL, 1997);

O2- Marco legal da Resolução CONAMA nº 313 de 2002- inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais (BRASIL, 2002);

O3- ABNT NBR 10.157/87 normas específicas para aterros de resíduos perigosos (BRASIL, 1987).

O4- necessária aprovação pelo órgão ambiental competente, pois requer projeto elaborado considerando características geográfica, topográfica e hidrogeológica do local (MOLIN, et al. 2010; BRASIL, 1987).

Fonte: O AUTOR (2024)

Tabela 5 - ameaças do ambiente externo das técnicas de tratamento

AMEAÇAS (T)
<b>Coprocessamento:</b> T1- Por conta da alta demanda nos órgãos ambientais, ocorre demora na obtenção de licença para essa atividade, fazendo com que muitas atividades demorem a ser exercidas (ARAUJO, 2020).
<b>Incineração:</b> T1 - Se os incineradores não conseguirem resíduos suficientes para a queima, eles terão que queimar outros combustíveis (gás) (SHAH, 2011). T2 – Por ter uma operação complexa, exige uma mão de obra altamente qualificada e restringe os trabalhadores que podem se candidatar a esta função, diferente da reciclagem, que possui uma abrangência maior para mão de obra, aumentando o percentual de geração de empregos para a sociedade.
<b>Reciclagem:</b> T1- A logística reversa ainda não ocorre com a frequência ideal (LACERDA, 2002); (NASCIMENTO et al 2019); T2- Percepção falha que as cooperativas de catadores de materiais recicláveis recebem e tratam qualquer material pós-consumo em qualquer estado (PLASTIVIDA, 2023); T3- Pouco conhecimento da sociedade sobre as possibilidades do processo de reciclagem (JESUS, 2024).
<b>Aterro Classe I:</b> T1 - Desperdício de resíduos com potencial para geração de matéria-prima ou energia

Fonte: O AUTOR (2024)

Tabela 6 - Quantificação da Matriz SWOT

	Positivos	Negativos
Interna (técnica - tratamento)	<b>FORÇAS (S)</b>	<b>FRAQUEZAS (W)</b>
	<b>Coprocessamento:</b> S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S9, S10, S11, S12, S13, S14, S15, S16, S17, S18	<b>Coprocessamento:</b> W1, W2, W3, W4, W5, W6, W7, W8, W9, W10, W11, W12
	<b>Incineração:</b> S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8, S9 e S10.	<b>Incineração:</b> W1, W2, W3, W4, W5, W6, W7, W8, W9, W10, W11, W12
	<b>Reciclagem:</b> S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8, S9, S10, S11, S12, S13, S14	<b>Reciclagem:</b> W1, W2, W3
	<b>Aterro Classe I:</b> S1, S2, S3	<b>Aterro Classe I:</b> W1, W2, W3
Externa - ambiente/legislações	<b>OPORTUNIDADES (O)</b>	<b>AMEAÇAS (T)</b>
	<b>Coprocessamento:</b> O1, O2, O3, O4, O5, O6, O7, O8	<b>Coprocessamento:</b> T1
	<b>Incineração:</b> O1, O2, O3, O4 e O5	<b>Incineração:</b> T1, T2
	<b>Reciclagem:</b> O1, O2, O3, O4, O5, O6, O7	<b>Reciclagem:</b> T1, T2, T3
	<b>Aterro Classe I:</b> O1, O2, O3, O4	<b>Aterro Classe I:</b> T1

Fonte: O AUTOR (2024)

Tabela 7 - Tabela somatório matriz SWOT

		Externo	
		Oportunidade (O)	Ameaças (T)
Interno	Força (S)	<b>Quadrante I: S+O</b> <b>Coprocessamento:</b> $S18 + O8 = 26$ <b>Incineração:</b> $S10 + O5 = 15$ <b>Reciclagem:</b> $S14 + O7 = 21$ <b>Aterro Classe I:</b> $S3 + O4 = 7$	<b>Quadrante II: S+T</b> <b>Coprocessamento:</b> $S18 + T1 = 19$ <b>Incineração:</b> $S10 + T2 = 12$ <b>Reciclagem:</b> $S14 + T3 = 17$ <b>Aterro Classe I:</b> $S3 + T1 = 4$
	Fraqueza (W)	<b>Quadrante III: W+O</b> <b>Coprocessamento:</b> $W12 + O8 = 20$ <b>Incineração:</b> $W12 + O5 = 17$ <b>Reciclagem:</b> $W3 + O7 = 10$ <b>Aterro Classe I:</b> $W3 + O4 = 7$	<b>Quadrante IV: W+T</b> <b>Coprocessamento:</b> $W12 + T1 = 13$ <b>Incineração:</b> $W12 + T2 = 14$ <b>Reciclagem:</b> $W3 + T3 = 6$ <b>Aterro Classe I:</b> $W3 + T1 = 4$

Fonte: O AUTOR (2024)

Analisando os resultados das Tabelas 6 e 7, verificam-se que:

- Coprocessamento: o Quadrante I que trata dos pontos positivos, forças e oportunidades, e o Quadrante III que trata das fraquezas e oportunidades obtiveram os maiores valores caracterizando o coprocessamento como uma técnica de tratamento desenvolvida e indicada para os resíduos, mas que necessita crescer na sociedade, ou seja, necessita que suas oportunidades sejam usadas de forma a vencer as fraquezas. Em relação ao quadrante referente à manutenção e sobrevivência, o coprocessamento apresentou valores mais baixos, demonstrando que os pontos negativos são menores que os positivos, ou seja, a necessidade de estabelecer estratégias de sobrevivência e manutenção para essa técnica é reduzida, mas ainda há necessidade de manutenção de pontos sobre essa técnica. Considerando a descrição características desta técnica, o controle e monitoramento das emissões atmosféricas pode fazer com que obtenha resultados melhores.
- Incineração: observa-se resultados diferentes do coprocessamento, onde os Quadrantes III possui o valor mais alto, indicando uma técnica está na fase de crescimento, ainda é necessário identificar as áreas de melhorias e combater as fraquezas internas, ou seja, os pontos fracos desta técnica como por exemplo o descarte adequado das cinzas geradas no processo.
- Reciclagem: possui maiores resultados no Quadrante I, demonstrando-se uma técnica bem desenvolvida e com olhar sustentável, porém na análise o Quadrante de segundo maior valor foi o II, o que demonstra a necessidade de contínuo alavancar das forças internas para minimizar as ameaças externas. Para o Quadrante referente à sobrevivência, observou-se o menor valor, demonstrando que os pontos positivos são maiores que os negativos, ou seja, a necessidade de estabelecer estratégias de sobrevivência para essa técnica é menor em sua proporcionalidade comparada às outras técnicas.
- Aterro Classe I: para esta técnica obteve-se maiores valores para os Quadrantes I e III, porém com valor bem próximo aos Quadrantes II e em seguida IV que demonstraram pouca diferença entre os somatórios, isso informa que dentro dos dados analisados, os aterros para resíduos perigosos estão estabelecidos ambientalmente, porém mostra que não há uma definição se a técnica está em crescimento, desenvolvimento ou sobrevivência, ou seja, essa técnica de destinação ainda precisa passar por melhorias,

porém já tem áreas bem desenvolvidas por trazer resultados extremamente benéficos ao meio ambiente e saúde pública, mas necessitam ser realizados estudos mais detalhados sobre essa técnica pois existem poucas legislações e estudos que foquem nesse tipo de destinação final.

A eficácia desta representação por meio do cruzamento e somatório tem por premissa o aproveitamento de um elemento para diminuir problemas do outro ou potencializar melhorias através da soma de fatores positivos. Isto é, as oportunidades podem ser aproveitadas para potencializar as forças (desenvolvimento) ou para minimizar as fraquezas (crescimento). Estas análises são importantes a fim de melhor entender o sistema sob a ótica de um planejamento estratégico da gestão ambiental e técnica. A principal característica encontrada para os resíduos sólidos contaminados com óleo é o aproveitamento das oportunidades para auxiliar no combate às fraquezas, caracterizando o produto como em crescimento.

Através da análise da Tabela 7, verificou-se, através dos dados obtidos nas referências bibliográficas que as técnicas reciclagem e coprocessamento são as que possuem mais fatores positivos, enquanto a incineração e o aterro classe I possuem mais fatores negativos quando comparados às outras duas técnicas.

Quando se compara a técnica incineração com o coprocessamento em relação a tipos de resíduos contaminados com óleo, emissões atmosféricas, custo de operação e geração de passivos, percebe-se que todos os resíduos que podem ser coprocessados, podem ser incinerados. Contudo, nem todos os incineráveis são coprocessados. No coprocessamento e na incineração, apesar de ocorrer emissões de partículas poluentes, estas podem ser tratadas antes da liberação na atmosfera, e não gerar efluentes, além de ser necessário alto gasto financeiro com operacional e manutenção dos equipamentos, enquanto na incineração, são geradas cinzas que a depender do resíduo podem conter metais, sendo consideradas resíduo Classe I.

Como estratégia para destinação das cinzas geradas na incineração de resíduos perigosos, tem-se a vitrificação com adição às cinzas de 5% em peso de SiO<sub>2</sub>. Os vidros advindos dessas cinzas aditivadas, tem boa eficiência em reter metais pesados, possuem boa dureza, coeficiente de expansão próximo aos vidros normais, boa resistência e dobradura (FURLAN, 2007).

Ao comparar-se a reciclagem com o aterro de resíduos perigosos, verifica-se a maior eficiência e adequação no contexto de sustentabilidade da reciclagem, pois não há geração

de odores, além de gerar redução nos custos com matéria-prima, no uso de combustíveis fósseis, ter possibilidade de gerar energia e ainda pode ocorrer mais de uma vez no mesmo resíduo, caso da reciclagem do termoplástico.

A principal diferença entre os pontos identificados para as técnicas de reciclagem mecânica e química e coprocessamento (reciclagem energética) se tem no coprocessamento que é um tratamento térmico, enquanto na reciclagem mecânica ou química o produto final volta para a cadeia produtiva.

A educação ambiental e o acesso à informação são ótimas estratégias quando se trata de explicar sobre temas, suas vantagens e desvantagens, dessa forma se torna possível impulsionar as características positivas encontradas nas técnicas descritas neste trabalho e possibilitar estudos de modo a obter a redução do impacto gerado pelos fatores negativos de cada técnica.

## **6. CONCLUSÕES**

Como conclusões desse trabalho tem-se:

A importância de encontrar técnicas de tratamento adequadas para minimizar os impactos ambientais e promover a economia circular para solucionar a problemática do tratamento dos resíduos sólidos contaminados com óleo. Foram analisadas quatro técnicas: o coprocessamento, a incineração, a reciclagem e o aterro classe I, destacando-se as forças e fraquezas de cada uma delas.

A análise SWOT aplicada às técnicas de tratamento mostra que o coprocessamento e a reciclagem possuem mais pontos positivos do que negativos, indicando que são opções mais viáveis e mas ainda necessitam de estratégias para potencializar suas forças e minimizar suas fraquezas. A incineração demanda melhorias em seu processo, porém também possui muitos fatores positivos como a redução significativa do resíduo. Em relação ao aterro classe I é necessário desenvolver estudos mais detalhados sobre essa técnica, pois foram encontrados poucos artigos que tratassem desse tipo de destinação final em específico, no entanto contém pontos positivos e negativos que demonstram ser uma boa solução para destinação de resíduos sólidos contaminados com óleo.

O coprocessamento é uma técnica promissora, demonstrando forças significativas no que diz respeito à sua eficácia e eficiência, especialmente quando considerados os aspectos ambientais e econômicos. Embora demande manutenção e enfrentamento de desafios, sua capacidade de aceitar uma ampla gama de resíduos contaminados com óleo,

combinada com a possibilidade de tratamento das emissões atmosféricas, o torna uma opção atrativa dentro de uma perspectiva de economia circular.

A reciclagem também se destaca como uma opção favorável, oferecendo benefícios como a redução de custos com matéria-prima, menor uso de combustíveis fósseis e a possibilidade de gerar energia. Sua capacidade de reintegrar os resíduos na cadeia produtiva, sem gerar passivos, a torna uma escolha cada vez mais atraente para uma gestão ambientalmente responsável.

Com base nos resultados apresentados, foi possível concluir que as técnicas de reciclagem e coprocessamento são as mais indicadas para o tratamento de resíduos sólidos contaminados com óleo vegetal e mineral, pois apresentam mais pontos positivos do que negativos. É evidente que não existe uma solução única para o tratamento de resíduos sólidos contaminados com óleo. No entanto, ao considerar cuidadosamente as características e necessidades específicas de cada contexto, é possível identificar as técnicas mais adequadas e promover uma abordagem mais sustentável para a gestão desses resíduos. A educação ambiental e o acesso à informação desempenham um papel crucial nesse processo, capacitando as partes interessadas a tomarem decisões conscientes e colaborativas em prol do meio ambiente e da sociedade como um todo.

A partir da avaliação feita sugerem-se algumas estratégias para enfrentar os desafios da gestão de resíduos sólidos contaminados com óleo:

- Incentivar a pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias ainda não encontradas ou descritas na pesquisa realizada para o tratamento desse tipo de resíduos com foco em sustentabilidade e eficiência;
- Promover e implementar programas de reciclagem e reutilização, por se tratar de uma tecnologia positiva para o tratamento de resíduos sólidos contaminados com óleo, reforçando a logística reversa e como consequência reduzir a quantidade de resíduos destinados em aterros ou tratados através da incineração;
- Reforçar mecanismos de fiscalização e regulamentos que garantam o gerenciamento e disposição ambientalmente adequados;
- Realizar campanhas de conscientização pública e educação ambiental sobre os impactos ambientais causados pela falta de tratamento correto dos resíduos contaminados com óleo sendo vegetal ou mineral;

- Fomentar a colaboração entre organizações ambientais, indústrias e governos para desenvolver e implementar práticas sustentáveis de gestão de resíduos perigosos;
- Garantir responsabilização através de monitoramento e relatórios que rastreiem os geradores dos resíduos;
- Fornecer incentivos financeiros como isenções fiscais para o uso de tecnologias ambientalmente adequadas para as indústrias;
- Capacitar as comunidades locais para lidar com resíduos contaminados com óleo de forma segura e eficaz, gerando empregos com qualificação;
- Aumentar a fiscalização nos locais de pontos de venda com relação as embalagens;
- Promover mais ações de logística reversa desse tipo de resíduo;
- Incentivar a circularidade a bolsa de resíduos para esse tipo de mercado.

## 7. REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10.004:2004**: Resíduos sólidos – Classificação. ABNT, 2004.

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR 10.157/87. **Normas específicas para aterros de resíduos perigosos**. 1987.

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR 17.100/2023. **Estabelece os requisitos aplicáveis às etapas de Gerenciamento de Resíduos**. 2023

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil, 2022**. Dezembro de 2022. Disponível em: Panorama 2022 – Abrelpe. Acesso em: 20 de junho de 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILANCIA SANITÁRIA - ANVISA. **RDC Nº 343, DE 13 DE DEZEMBRO DE 2005**. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br/hotsite/protocolo/PDFs/Legislacao/RDC%20343.05.pdf>>

AGUADO, J., SERRANO, D.P., & San Miguel, G. (2007). *European trends in the feedstock recycling of plastic wastes*. **Global NEST Journal**, Mostoles, v.9, n.1, p.12-19.

AGUIAR, D. B.; MATTOS, U. A. O.; ESTEVES, V. P. P. Perfil dos resíduos industriais enviados às blendeiras fluminenses para tratamento destinado ao

coprocessamento. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais*, v.12, n.7, p.236-243, 2021. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.007.0022>

ALMEIDA, J. R. de. **Proposta de índice de avaliação de aterros de resíduos desativados a partir do potencial poluidor do lixiviado**. 2017. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

AMBIENTAL, N. **Incineração**. Disponível em: <https://www.novaambiental.com.br/incineracao/>. Acesso em: 20 fev.2024

AMBIENTEBRASIL. **Óleos lubrificantes**. *Revista Meio Ambiente Industrial*, ano VI, ed. 31, nº30. 2001.

ANP - Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis**. 30 de junho de 2023. Disponível em: [Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis 2023 — Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis \(www.gov.br\)](https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/estatisticas-e-reports/2023/06/30-anuario-estatistico-brasileiro-do-petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis-2023). Acesso em: 15 de agosto de 2023.

ARAÚJO, L.A.; NICOLAIEWSKY, E.; FREIRE, D.D.C. **O estudo de caso do gerenciamento de resíduos sólidos em uma refinaria de petróleo**. In: **2º CONGRESSO BRASILEIRO DE P&D EM PETRÓLEO & GÁS**. 2003. Anais, Rio de Janeiro.

ARAUJO, G. J. F. O coprocessamento na indústria de cimento: definição, oportunidades e vantagem competitiva. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**. 2020

ARRUDA, E. H.; MELATTO, R. A. P. B.; LEVY, W.; CONTI, D. M. **Circular economy: A brief literature review (2015–2020)**. *Sustainable Operations and Computers* 2 (2021) 79–86. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.susoc.2021.05.001>

ASADPOURIAN, Z., RAHIMIAN, M., & GHOLAMREZAI, S. (2020). **SWOT-AHP-TOWS analysis for sustainable ecotourism development in the best area in Lorestan Province Iran**. *Social Indicators Research*, 152(1), 289–315. <https://doi.org/10.1007/s11205-020-02438-0>

AZEVEDO, J. **A Economia Circular aplicada no Brasil: Uma Análise a partir dos Instrumentos Legais Existentes Para A Logística Reversa**. LATEC UFF. 2015

BARBIERI, J. C. **Desenvolvimento sustentável: das origens à Agenda 2030**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2020.

BERKENBROCK, Paulo Egydio. Projeto Óleo Reciclado. Itajaí, 2009. Disponível em: [http://www.sc.senac.br/talento/projetospremiados/2009/tec\\_3.pdf](http://www.sc.senac.br/talento/projetospremiados/2009/tec_3.pdf).

BISCARO, M. A. S.; FERNANDES, T. B.; PINTO, F. R.; ALENCAR, D. B.; PARENTE, R. S. Feasibility of Frying Oil After Treatment by a Biofuel Company in Manaus – Amazonas. **Jornal Internacional para Educação e Pesquisa em Inovação**. Vol: 7 Nº 11, Editora e Fundação Internacional de Pesquisa Educativa, 2019.

BÓSI, Pâmella. **Caracterização do descarte do óleo de cozinha utilizado no município de matelândia e seus impactos no meio ambiente**. Orientador(a): Prof. Michelle Budke Costa. 2014. 45f. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental em Municípios) -Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Paraná, 2014.

Boti Recicla. Disponível em: <[boticario.com.br](http://boticario.com.br)>. Acesso em 05 de maio de 2024.

BRASIL. CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - **Resolução 313**: Dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais. Brasília, DF, 2002. Disponível em: [Resolução CONAMA nº 313, de 29 de outubro de 2002 \(siam.mg.gov.br\)](http://siam.mg.gov.br)

BRASIL. CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - **Resolução 362**: Dispõe sobre o recolhimento, coleta e destinação final de óleo lubrificante usado ou contaminado. Brasília, DF, 2005. Disponível em: [conama.mma.gov.br/?option=com\\_sisconama&task=arquivo.download&id=457](http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=457)

BRASIL. CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - **Resolução 499**: Dispõe sobre o licenciamento da atividade de coprocessamento de resíduos em fornos rotativos de produção de clínquer. Brasília, DF, 2020. Disponível em: [conama.mma.gov.br/?option=com\\_sisconama&task=arquivo.download&id=798](http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=798)

BRASIL. **Decreto 10.936**, de 12 de janeiro de 2022a. Regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em: [D10936 \(planalto.gov.br\)](http://planalto.gov.br)

BRASIL. **Decreto 11.043**, de 13 de abril de 2022b. Aprova o Plano Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em: [D11043 \(planalto.gov.br\)](http://planalto.gov.br)

BRASIL. **Lei nº 12.305**, de 02 de agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/ato2007-2010/2010/lei/112305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2010/lei/112305.htm)

CALANCA, C. G., GROSSI, S. F. 2019. **Conscientização popular a partir da reciclagem do óleo de cozinha para a fabricação caseira de sabão em barra**. Revista Interface tecnológica. Volume 05 | Número 08 | JAN - JUN. 2018 | ISSN: 2358-9817. Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga (FATEC), São Paulo, Brasil, 2019.

ÇANKAYA, S.; PEKEY, B. *A comparative life cycle assessment for sustainable cement production in Turkey*, **Journal of Environmental Management**, v.249, 109362, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109362>

CARDOSO, M. N.; ORTEGA, G. R.; AROS, E. L. A.; CORTES, M. E. T.; LEBRUN, C. A. V.; RUIZ, F. J. S. **Circular economy strategy and waste management: a bibliometric analysis in its contribution to sustainable development, toward a post-COVID-19 era**. Environmental Science and Pollution Research (2022) 29:61729–61746. 2022. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-18703-3>

CARDOZO, B. C.; MANNARINO, C. F.; FERREIRA, J. A. **Análise do monitoramento ambiental da incineração de resíduos sólidos urbanos na Europa e a necessidade de alterações na legislação brasileira**. Revista Scielo Brasil. 2021

CASTELLANELLI, C.; MELLO, C. I.; RUPPENTHAL, J. E.; HOFFMANN, R. **Óleos comestíveis: o rótulo das embalagens como ferramenta informativa.** In: ENCONTRO DE SUSTENTABILIDADE EM PROJETO DO VALE DO ITAJAÍ, 1. 2007

CASTRO, T. M. S. **Avaliação do tratamento e destinação de lodo secundário em refinarias de petróleo.** 2019. 112 p. Dissertação de Mestrado – Programa de Engenharia Ambiental - Escola Politécnica & Escola de Química. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2019.

CEMPRE. Compromisso Empresarial para Reciclagem. **Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado.** 4. ed. São Paulo (SP): CEMPRE, 2018.

COSTA NETO, P.; ROSSI, L. F. S.; ZAGONEL, G. F.; RAMOS, L. P. **Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel.** Revista Scielo Brasil. 1999.  
<https://doi.org/10.1590/S0100-40422000000400017>

CRUZ, A. A. P.; FERREIRA, A. P. P.; PRADO, R. C.; MELLO, D. A. A logística reversa do óleo de cozinha como ferramenta de sustentabilidade. **XI Simpósio Nacional de Tecnologia em Agronegócio**, ANAIS SINTRAGRO, Ourinhos – SP, v. 11, n.1, p. 11-20, 22 e 23 out. 2019.

DEMAJOROVIC, J.; SENCOVICI, L. A. Entraves e Perspectivas para a Logística Reversa do Óleo Lubrificante e suas Embalagens. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade.** GeAs. 2015

ELSHORBAGYA, W.; ALKAMALIB, A. *Solid waste generation from oil and gas industries in United Arab Emirates.* Journal of Hazardous Materials B120 (89–99). 2005

EIGENHEER, E. M. Lixo: a limpeza urbana através dos tempos. Porto Alegre: Elsevier, Campus, 2009. p 139.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **Manual de gerenciamento de resíduos: guia do procedimento passo a passo.** 2. ed. Rio de Janeiro: GMA, 2006.

FERNANDES, D.R. **Uma visão sobre a análise da Matriz SWOT como ferramenta para elaboração da estratégia.** UNOPAR Científica Ciências Jurídicas e Empresariais, Londrina, v.13, n.2, p. 57-68, 2012.

FERRARI, R., NAKANO, V. 2014. **Coprocessamento de resíduos industriais em fornos de clínquer.** Cia de Cimento ITAMBÉ. 2014.

FERREIRA, E. M. B.; SCHNEIDER, I. A. H. **Quantificação e qualificação de resíduos gerados em um shopping center de Porto Alegre – RS.** Trabalho apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais (PPGE3M) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Porto Alegre/RS, 2011. Disponível em:< [ABRASCE \(portal\\_doshopping.com.br\)](http://www.abrasce.org.br/portal_doshopping.com.br)>. Acesso em 20 de agosto 2023

FERREIRA, T. F. 2023. **Aspectos ambientais e técnicos do ciclo de vida do celofane: um produto renovável**. Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental da Escola Politécnica, 2023.

FERRELL, O.C.; HARTLINES, M.D. *Estratégia de Marketing*. 5a. ed. Santa Fe: Cengage Learning Editores S.A. de C.V., México D.F., México, 2012.

FONSECA, J. C. L.; MARCHI, M. R. R. Manual para gerenciamento de resíduos perigosos. São Paulo: **Cultura Acadêmica**, 2009.

FONSECA, M. M. 2018. **Avaliação do gerenciamento de um aterro de resíduos industriais perigosos a partir da aplicação de um índice de qualidade**. Universidade Federal de Juiz de Fora. Minas Gerais, 2018.

FURJAN, W. **Modelo de decisão para escolha de tecnologia de tratamento de resíduos sólidos no âmbito de um município**. Tese de Doutorado em Administração. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

GEORGIOPOULOU, M.; LYBERATOS, G. *Life cycle assessment of the use of alternative fuels in cement kilns: a case study*. **Journal of Environmental Management**, v. 216, pp. 224- 234. Doi: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479717306837?via%3Dihub>. 2018

GODOY, P. O.; OLISKOVICZ, K.; BERNARDINO, V. M.; CHAVES, W. R.; PIVA, C. D.; RIGO, A. S. N. Consciência limpa: Reciclando o óleo de cozinha. **Anuário da Produção de Iniciação Científica Discente**, v.13, n.17, p.205-217, 2010.

GONZAGA, N.; SILVA, R.; ANDRADE, L. 2021. Gerenciamento de Resíduos do Óleo Lubrificante: uma Revisão Sistemática da Literatura. **Revista de Gestão Social e Ambiental. RGSA**. São Paulo (SP) | v.15 | p.01-16 | e02812 | 2021.

GUIMARÃES, A. G. **Coprocessamento de resíduos perigosos em uma indústria cimenteira no Brasil: A Percepção dos trabalhadores e aspectos de saúde ocupacional**. 2015. Dissertação de Mestrado (Cidadania Ambiental e Participação) - Universidade Aberta, Portugal, 2015.

GÜREL, E. *SWOT analysis: a theoretical review*. **Journal of International Social Research**, v. 10. p. 994-1006, 2017.

HELMS, M. M., NIXON, J. “*Exploring SWOT analysis – where are we now? A review of academic research from the last decade.*” **Journal of Strategy and Management**, v. 3, n. 3, p. 215-251, 2010.

HÍJAR, G. F. **Planeación estratégica: la visión prospectiva**. México: Limusa, 2014.

HITT, M. A.; IRELAND, D.; HOSKISSON, R. E. *Administración estratégica: competitividade y globalización, conceptos y casos*. 11a ed. Santa Fe: **Cengage Learning Editores S.A. de C.V.**, México D.F., México, 2015.

HOSSAIN, M. U.; POON, C. S.; LO, I. M. C.; CHENG, J. C. P. *Comparative LCA on using waste materials in the cement industry: A Hong Kong case study*. **Resources**,

**Conservation and Recycling**, v.120, p.199-208, 2017. DOI:  
<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.12.012>

ISOTEC AMBIENTAL. **Tratamento e Destinação Final de Resíduos**. 2015.  
Disponível em: <<http://isotecambiental.com.br/tratamento-destinacao.php>>. Acesso em:  
15 nov. 2023.

JESUS, F. R. **Óleo de Cozinha Usado e o seu Descarte – Um Estudo realizado na Cidade de São Raimundo Nonato e Região**. DOI: 10.54751/revistafoco.v17n1-076  
Recebido em: 01 de dezembro de 2023. Aceito em: 10 de janeiro de 2024.

JHONSON, G.; SCHOLE, K.; WHITTINGTON, R. *Dirección estratégica*. Madrid:  
Pearson Education, S.A., 2006

JOPPERT, N. 2008. **A reciclagem das embalagens de óleos lubrificantes e a gestão ambiental: um modelo a ser construído**. Dissertação - Mestrado em Engenharia Ambiental – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2008.

KIRCHHERR, J.; REIKE, D.; HEKKERT, M. *Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions*. **Resources, Conservation & Recycling**. 2017.

KORHONEN, J.; HONKASALO, A.; SEPPÄLÄ, J. *Circular Economy: The Concept and its Limitations*, *Ecological Economics* 143 (2018) 37–46.

LACERDA, L. Logística Reversa: Uma Visão Sobre os Conceitos Básicos e as Práticas Operacionais. **Revista Tecnológica**. p.46-50. 2002.

LIRA, T. K. B. **Controle da Poluição ambiental em pátio de armazenamento de coque verde de petróleo**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2012

LOCH, P.; NARDI, A.C.; ROJO, A.C. Sustentabilidade como estratégia de competitividade no agronegócio: o caso de uma cooperativa agroindustrial no oeste do paraná. **In: IV Congresso Brasileiro de Gestão em Negócios**. Paraná, 2016

LOMBARDI, F., LATEGANO, E., CORDINER, S., TORRETTA, V. (2013).  
Incineração de resíduos em fornos rotativos: uma nova ferramenta de simulação de combustão para apoiar o design e a mudança técnica. *Waste Management & Research*, 31(7), 739–750. doi:10.1177/0734242x13484187

LOPES, P. R. M.1; DOMINGUES, R. F.1; BIDÓIA, E. D. Descarte de embalagens e quantificação do volume de óleo lubrificante residual no município de Rio Claro-SP. **HOLOS Environment**, v.8 n.2, 2008 - P.166 ISSN:1519-8634 (ON-LINE).  
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Rio Claro - Instituto de Biociências, Departamento de Bioquímica e Microbiologia. 2008.

LOUREIRO, S. M. **Índice de Qualidade no Sistema da Gestão Ambiental em Aterros de Resíduos Sólidos Urbanos - IQS**. Dissertação de mestrado – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia Civil. Rio de Janeiro, 2005.

MACHADO, J. W. **Avaliação dos Resíduos Sólidos Especiais em Shopping Centers de Belo Horizonte-Minas Gerais**. 2004. 112 p. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos). UFGMG, Minas Gerais, 2004. 112p.

MACIULIS, T. 2004. **Otimização de condições operacionais de processo visando a minimização da emissão de material particulado na incineração de resíduos perigosos**. Universidade de São Carlos, São Paulo. 2004.

MARIANO, J.B. **Impactos Ambientais do Refino do Petróleo**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2005.

MEDEIROS, B. T., SANTOS, S. C. C., FAUSTINO, R. P., FORMIGONI, M. R. A. **A Aplicabilidade da Logística Reversa na Reciclagem do Óleo Vegetal Usado**. 2018. Revista FATEC SEBRAE em debate: Gestão, Tecnologias e Negócios. Volume 05 | Número 08 | JAN -JUN. 2018 |ISSN: 2358-9817

MEGGINSON, L. C.; MOSLEY, D. C.; PIETRI JR., P. H. **Administração: conceitos e aplicações**. 4. ed. Trad. Maria Isabel Hopp. São Paulo: HARBRA, 1998

MELO, J. M. M. D. O.; ALENCAR, S. K. P.; PEREIRA, C. M. C. **Investigação de passivos ambientais no setor de galvanoplástico de Juazeiro do Norte – CE**. In: BEZERRA, R. P. L.; AGUIAR, W. J.; EL-DEIR, S. G (orgs.). **Resíduos sólidos: gestão em indústrias e novas tecnologias**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2017. p. 212-224.

MICHELOTTI, D.; WOLFF, D. B. **Gerenciamento de Resíduos Sólidos Perigosos em uma Empresa Coletora em Santa Maria/Rs – Estudo De Caso**. Disc. Scientia. Série: Ciências Naturais e Tecnológicas. Santa Maria, v. 10, n. 1, p. 119-136, 2009

MILAN, G. S.; VITTORAZZI, C.; REIS, Z. C. **A redução de resíduos têxteis e de impactos ambientais: um estudo desenvolvido em uma indústria de confecções do vestuário**. In: **SEMINÁRIOS EM ADMINISTRAÇÃO, SEMEAD**,13, 2010, São Paulo. Anais. São Paulo: FEA; USP, 2010.

MILAN, M. **Reciclagem de Materiais: empresa e conceito**, SENAI, São Paulo. 2017

MIMOUNI, F.; ABOUABDELLAH, A. (2016) *Proposition of a modeling and an analysis methodology of integrated reverse logistics chain in the direct chain*. **Journal of Industrial Engineering and Management**. Vol 9, No 2, 359-373.  
<http://dx.doi.org/10.3926/jiem.1720>

MOLIN, D. D., COSTA, A. B., RIEGER, A., LOBO, E. A. 2010. **Determinação das características de toxicidade ambiental do percolado de um aterro de resíduos industriais perigosos (estudo de caso)**. Curso de Química Industrial da Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC / Santa Cruz do Sul, RS, Brasil. 2010

MÔNICA SERRÃO; ALMEIDA, A.; ANDRÉA CARESTIATO. **Sustentabilidade**. [s.l.] Editora Senac São Paulo, 2020.

MONTEIRO, A. E. **Índice de qualidade de aterros industriais-IQRI**. Dissertação de mestrado. Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

MORAGA, G.; HUYSVELD, S.; MATHIEUX, F.; BLENGINI, G.A.; ALAERTS, L.; VAN ACKER, K.; DEWULF, J. *Circular economy indicators: what do they measure?* Resour Conserv Recycl 146:452–461. (2019)  
<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.03.045>

MORAIS, M.; LIMA, L.; SANTOS, M. **Uma alternativa para a reutilização do óleo de cozinha: aplicação da logística reversa favorecendo as questões ambientais** Research, Society and Development, v. 10, n. 10, e381101019055, 2021 (CC BY 4.0) | ISSN 2525-3409 | DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i10.19055>

NASCIMENTO, M. C.; DOS SANTOS, M. A.; FERREIRA, G. S. A. A logística reversa e os fatores socioambientais e econômicos: um estudo de empresas do setor cosméticos e de óleo vegetal. *SITEFA, [S. l.]*, v. 2, n. 1, p. 343–353, 2019. DOI: 10.33635/sitefa.v2i1.82. Disponível em:  
<https://sitefa.fatecertaozinho.edu.br/sitefa/article/view/82>. Acesso em: 10 fev. 2024.

NASCIMENTO, M. C.; SANTOS, M. A.; FERREIRA, G. S. 2019. A logística reversa e os fatores socioambientais e econômicos: um estudo de empresas do setor cosméticos e de óleo vegetal. **Simpósio de Tecnologia FATCC**. 2019.

NOVAES, P; MACHADO, A; LACERDA, F. **Consumo e Descarte do Óleo Comestível em um Município do sul de Minas Gerais**. REVISTA CIÊNCIAS EM SAÚDE, v. 4, n. 3, p. 33-40, 2014.

NOWAK, P.; KUCHARSKA, K.; KAMINSKI, M. Ecological and Health Effects of Lubricant Oils Emitted into the Environment. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2019, 16(16), 3002;  
<https://doi.org/10.3390/ijerph16163002> (registering DOI)

**O que é coprocessamento e quais suas vantagens? - eCycle**. Disponível em:  
<<https://www.ecycle.com.br/coprocessamento/>>. Acesso em: 05 dez. 2023.

OCHARÁN, J.L.S. **Avaliação da logística reversa pós-consumo para a reciclagem mecânica do poliestireno expandido (EPS) sob uma combinação das metodologias SWOT e AHP** (Dissertação) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica & Escola Química, Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental. Rio de Janeiro, 2017.

OLIVEIRA, B. M. G. de; SOMMERLATE, B. R.; PENIDO, R. C. S.; **PGIROC – plano de gerenciamento integrado do resíduo óleo de cozinha**. Belo horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente: Fundação Israel Pinheiro. 24 p. 2009.

OLIVEIRA, C. M. R., ANDRADE, P. C. DE. A., & SANTOS, M. S. F. (2022). Revisão sistemática da logística reversa do óleo vegetal residual para a fabricação de biodiesel. *Exacta*. DOI: <https://doi.org/10.5585/exactaep.2022.21662>

**Panorama do Coprocessamento**. 2019. ABCP. Disponível em:  
<<https://coprocessamento.org.br/>>. Acesso em 15 de abril de 2024.

**Panorama do Coprocessamento**. 2022. ABCP. Disponível em:  
<<https://coprocessamento.org.br/>>. Acesso em 15 de abril de 2024.

**Panorama do Coprocessamento.** 2023. ABCP. Disponível em:  
<<https://coprocessamento.org.br/>>. Acesso em 15 de abril de 2024.

PEDROSA, M. Eco Panplas: tornando mais verde a reciclagem de embalagens de óleo lubrificante. **Revista da OMPI.** 2022. Disponível em: [Eco Panplas: tornando mais verde a reciclagem de embalagens de óleo lubrificante \(wipo.int\)](https://wipo.int/pt/publicacoes/revista-da-ompi/eco-panplas-tornando-mais-verde-a-reciclagem-de-embalagens-de-oleo-lubrificante). Acesso em 28 de maio de 2023.

PINTO, D. P. S. **Contribuição à Avaliação de Aterros de Resíduos Industriais.** Dissertação de mestrado – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia Civil. Rio de Janeiro, 2011.

PIRES, A. S. **Reciclagem de frascos plásticos de Postos de gasolina.** Ambiente Brasil. 2006. Disponível em:  
[https://ambientes.ambientebrasil.com.br/residuos/artigos/reciclagem\\_de\\_frascos\\_plasticos\\_de\\_postos\\_de\\_gasolina.html#google\\_vignette](https://ambientes.ambientebrasil.com.br/residuos/artigos/reciclagem_de_frascos_plasticos_de_postos_de_gasolina.html#google_vignette). Acessado em 05 de janeiro de 2024.

PITTA JUNIOR, O. S. R.; NOGUEIRA NETO, M. S.; SACOMANO, J. B.; LIMA, J. L. A. Reciclagem do Óleo de Cozinha Usado: uma Contribuição para Aumentar a Produtividade do Processo. In: **INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION**, 2ª ed. 2009. São Paulo, Brasil.

POZZEBON, D. Proposta de produção mais limpa e gerenciamento de resíduos sólidos para uma empresa do ramo de fabricação de compensados do município de Casca-RS. 2011. 76 f. Monografia - Curso de Engenharia Ambiental da Faculdade de Engenharia e Arquitetura da Universidade de Passo Fundo. Passo Fundo-RS, 2011.

**Quais são as vantagens e as desvantagens da incineração do lixo?** Disponível em:  
<<https://www.vertown.com/blog/quais-sao-as-vantagens-e-as-desvantagens-da-incineracao-do-lixo/>>. Acesso em: 27 mar. 2023.

RABELO, A. MESQUITA, MG. AURELIO, M. SILVA, A. Plano de gerenciamento de resíduos sólidos de pilhas e baterias para uma empresa do ramo de telefonia. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental Santa Maria*, v. 19, n. 2, maio-ago. 2015, p535.

RABELO, R. A.; FERREIRA, O. M. **Coleta Seletiva De Óleo Residual De Fritura Para Aproveitamento Industrial**, Universidade Católica de Goiás – Departamento de Engenharia – Engenharia Ambiental, 2008.

RAMALHO, R. **Rede de tecnologia da Bahia.** Bahia. RETEC/BA. 2006

REIAS, G. A. **Importância da logística reversa.** 2014. Disponível em:<<http://etica-ambiental.com.br/importancia-logistica-reversa/>>. Acesso em:02 mar.2023.

ROCK CONTENT. **“Análise SWOT ou FOFA: o que é, como fazer e modelo grátis!”**. Brasil, 20 de dezembro de 2020. Disponível em:  
<<https://rockcontent.com/br/blog/como-fazer-uma-analise-swot/>>. Acesso em: 17 de fevereiro de 2024.

RODRIGUES, A, PRESTES, M. H., BORGES, C. L. P., BUSKIEVICZ, V. S. Planejamento estratégico de uma empresa do ramo farmacêutico: um estudo de caso do

município de Cantagalo – PR. In: **Seminário de Ensino, Pesquisa e Extensão da UFFS**, 2016

RODRIGUES, B.; EL-DEIR, S.; GUEDES, F.; SILVA, T. (Org.). **Resíduos Sólidos: desafios do manejo**. 1ª ed. Recife: Epersol, 2023

RODRIGUES, G. O.; PEREIRA, A.; SIMONETTO, E. O.; TREVISAN, M.; BARCELOS, D. V. (2019) Um modelo computacional para análise da produção de biodiesel, a partir do óleo de cozinha, e uso na coleta de resíduos sólidos urbanos. *GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas*, Bauru, Ano 15, nº 1, p. 189- 209. DOI: 10.15675/gepros.v14i1.2102

SANTOS, A. S. F, AGNELLI, J. A. M., MANRICH, S. Tendências e desafios da reciclagem das embalagens plásticas. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**. V.14, n5, 2004

SANTOS, C. F. B. **Aplicação das Ferramentas SWOT E 5W2H em apoio ao Planejamento Estratégico de Políticas Públicas de Desenvolvimento Urbano do Rio de Janeiro**. 2023. Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2023.

SANTOS, G. B. Gerenciamento de Resíduos na Indústria de Exploração e Produção de Petróleo: atendimento ao requisito de licenciamento ambiental no Brasil. **R. gest. sust. ambient.**, Florianópolis, v. 1, n. 2, p. 23-35. Universidade do Sul de Santa Catarina. 2013.

SANTOS, M. S. F.; OLIVEIRA, M. R. C. Análise da logística reversa do óleo vegetal residual na cidade de Teresina (PI). UFPI. ISSN. 2447-0899 (IMPRESSA). **MIX SUST. FLORIANOPOLIS**. 2022.

SHAH, D. *“The Timarpur-Okhla, Waste to Energy Venture.”* Global Alliance for Incinerator Alternatives. Disponível em [www.noburn.org/wpcontent/uploads/Timarpur.pdf](http://www.noburn.org/wpcontent/uploads/Timarpur.pdf). 2011.

SILVA, M. L.; LANGE, C. L. 2008. Caracterização das cinzas de incineração de resíduos industriais e de serviços de saúde. **Revista Scielo Brasil**. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422008000200002>

SILVA, R. B. L., SANTOS, G. O. 2018. Caracterização físico-química preliminar dos efluentes da incineração de resíduos perigosos de Fortaleza-CE. **Conex. Ci. e Tecnol.** Fortaleza/CE, v.13, n. 3, p. 61 - 71, dez. 2019

SILVA, T. A.; OLIVEIRA, K. M. 2011. Descarte de Óleos Lubrificantes e suas Embalagens: Estudo de Caso dos Postos de Gasolina e Oficinas de Ituiutaba, Estado de Minas Gerais. **Observatorium: Revista Eletrônica de Geografia**, v.3, n.7, p. 101-114, out. 2011.

SILVEIRA, C.; SANTANA, E.; SILVA, F. **A Importância da Gestão no Monitoramento, Controle e Reciclagem do Óleo Lubrificante Usado e Contaminado**. 2016. In: EL-DEIR, S. G; MELO, A. M.; SOUTO, T. J. M. P.(org.). **Resíduos sólidos: O desafio do Gestão Integrada de Resíduos Sólidos face aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável**, Recife: EDUFRPE, p. 1012 –1019, 2016.

SILVEIRA, C.; SANTANA, E.; SILVA, F. Gerenciamento do Óleo Lubrificante Usado e Contaminado. 2017. In: EL-DEIR, S. G.; BEZERRA, R. P. L.; AGUIAR, W. J. A. (org.). **Resíduos sólidos: diagnósticos e alternativas para a gestão integrada**, Recife: EDUFRPE, p. 276–283, 2017.

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**. Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, 19(2):369-374, 2003.

SLAPER, T.F.; HALL, T. J. *The Triple Bottom Line: What is it and how does it work?* *Indiana Business Review*, Spring. P 4-8. 2011.

SOARES, S. R.; LUPATINI, G.; CASTILHOS, A. B. de. 2002. **Sistema de apoio à decisão (SAD) em seleção de áreas de aterros sanitários para pequenas comunidades**. In: CASTILHOS, A. B. de; LANGE, L. C.; GOMES, L. P.; PESSIN, N. (2002). **Alternativas de disposição de resíduos sólidos urbanos para pequenas comunidades: coletânea de trabalhos técnicos**. Rio de Janeiro: RiMa, p. 3-12.

SONG, D.; YANG, J.; CHEN, B.; HAYAT, T.; ALSAEDI, A. *Lifecycle environmental impact analysis of a typical cement production chain*. **Applied Energy**, v.164, p.916-923, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.09.003>

SOUSA, T. C., SOUZA V. M., UCKER, F. E. Tratamento final dos resíduos cosméticos destinados ao coprocessamento. **Revista Semantic Scholar**. Faculdade Uniaraguaia. 2018.

SRIVASTAVA, P.K.; KULSHRESHTHA, K.; MOHANTY, C.S. *et al.* “Stakeholderbased SWOT analysis for successful municipal solid waste management in Lucknow, India.” **Waste Management**, v. 25, p. 531–537, 2005.

STOCK, J. R. **Reverse logistics**. Illinois: Oak Brook, Council of Logistics Management, 1998.

SZKLO, A.S.; MAGRINI, A. Geopolítica e Gestão Ambiental de Petróleo. Rio de Janeiro: **Interciência**, 2008.

TERRA NOVA AMBIENTAL. **Como funciona um aterro industrial?** Acesso em 24 de maio de 2024. Disponível em: <https://www.terranovaambiental.com.br/entenda-como-funciona-um-aterro-industrial/>

VEG MAG, 2023. **6 marcas que apostam na logística reversa**. Disponível em: <https://vegmag.com.br/blogs/meio-ambiente/6-marcas-que-apostam-na-logistica-reversa>>. Acesso em 05 de maio de 2024

VIEIRA, B., Nadaleti, W. C., & Sarto, E. (2020). *The effect of the addition of castor oil to residual soybean oil to obtain biodiesel in Brazil: energy matrix diversification*. **Renewable Energy**. doi:10.1016/j.renene.2020.10.056

XISTO, R.; QUEIROZ DE MENEZES JUNIOR, M.; VICTOR VIEIRA DELUQUE, J. Plano de gerenciamento de resíduos sólidos em uma empresa do setor elétrico. **Cadernos UniFOA**, Volta Redonda, v. 17, n. 49, p. 61–73, 2022. DOI: 10.47385/cadunifoa.v17.n49.3910. Disponível em:

<https://revistas.unifoa.edu.br/cadernos/article/view/3910>. Acesso em: 05 de maio de 2024.

WENTZ, C. A. *Hazardous Waste Management*. 1989.

ZHANG, L.; MABEE, W, E. *Comparative study on the lifecycle greenhouse gas emissions of the utilization of potential low carbon fuels for the cement industry*.

**Journal of Cleaner Production**, v.122, p.102-112, 2016. DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.02.019>