



T R A B A L H O 1 6

DERIVA DE MICROPLÁSTICOS LEVES ORIUNDOS DOS EMISSÁRIOS DE IPANEMA E ICARAÍ NA BAÍA DE GUANABARA E ZONA COSTEIRA ADJACENTE

Anna A. C. Rosman

Paulo Cesar C. Rosman

Renato Carreira

RESUMO: O objetivo central desse estudo foi analisar a dispersão de microplásticos leves oriundos de emissários submarinos na Baía de Guanabara (BG) e zona costeira adjacente por meio de modelagem computacional. Foram escolhidos dois emissários para análise, o de Ipanema, localizado na zona costeira adjacente à baía, e o de Icaraí, localizado dentro da baía, próximo à embocadura. A modelagem foi realizada com apoio do Sistema Base de Hidrodinâmica Ambiental (SisBaHiA'), considerando três meses de verão. Através dos resultados, verifica-se que, nos meses de verão, a maior parte da pluma do emissário de Ipanema (ESEI) é transportada para o oceano, porém uma parcela fica aprisionada em algumas regiões dentro da BG. Já a pluma do emissário de Icaraí (ESIca) tende a oscilar na direção Norte-Sul, de acordo com a maré, e é levada para fora da BG em caso de ventos mais intensos. Os microplásticos oriundos do ESIca também ficam aprisionados nas mesmas regiões que os do ESEI.

PALAVRAS-CHAVE: Microplásticos, Modelagem, Dispersão, Emissários

INTRODUÇÃO

Em decorrência de seu amplo uso na manufatura de uma variedade de produtos, o plástico se tornou um material omnipresente dentre os resíduos sólidos produzidos no mundo (Barnes et al., 2009). Apenas cerca de 9% de todo plástico produzido é reciclado (Geyer et al., 2017), sendo atualmente considerado um dos principais contaminantes ambientais, em especial nos oceanos (Rochman et al., 2013). Os diferentes polímeros usados na fabricação de plásticos apresentam diferentes graus de biodegradação, mas, em geral, esse tempo é de anos, ocasionando o acúmulo de plásticos em diferentes compartimentos ambientais, o que pode ameaçar a saúde humana e ambiental.

Nas últimas décadas, veio à tona a preocupação acerca de pequenas partículas de plástico, menores que 5 mm e muitas vezes invisíveis a olho nu, denominadas de microplásticos. Apenas na camada superficial dos oceanos, estimou-se que há 82 a 358 trilhões de partículas plásticas, pesando de 1.1 a 4.9 milhões de toneladas (Eriksen et al., 2023). O entendimento acerca da distribuição, zonas de acúmulo e destinos dos microplásticos nos oceanos ainda precisa ser ampliado (GESAMP, 2015). Logo, a utilização de modelagem hidrodinâmica computacional pode servir como uma ferramenta de análise que permite visualizar o transporte de partículas, assim como as zonas de acúmulo e deposição no espaço e no tempo. Com esse conhecimento em mãos, tem-se mais confiança para realizar previsões, e as ações de coleta e medição de concentrações podem ser mais bem direcionadas. O uso da modelagem para estudar o transporte de resíduos no ambiente marinho é um campo científico em crescimento, e é apontado como uma prioridade de pesquisa no caso dos microplásticos (GESAMP, 2015).

Isto posto, o presente trabalho faz uso da modelagem para analisar o transporte de microplásticos leves na Baía de Guanabara (BG) e zona costeira adjacente. Os microplásticos considerados leves são aqueles com flutuabilidade por terem densidade inferior à densidade da água do corpo receptor. A BG é considerada uma das baías mais importantes do Brasil, e é também uma das mais degradadas pelos impactos antrópicos relacionados à alta densidade demográfica e saneamento inadequado. Ela é uma importante via marítima, além de ser valiosa para atividades de pesca e turismo. Para mais, ainda estão localizadas em suas margens dois portos comerciais, uma refinaria de petróleo, estaleiros, marinas e dois aeroportos. Não obstante, ela ainda suporta um ecossistema consideravelmente biodiverso, possuindo então grande importância ambiental e ecológica.

Dessa forma, considerou-se dois emissários submarinos de esgoto como fontes de lançamento de microplásticos nesse estudo: o de Ipanema, localizado fora da BG, e o de Icaraí, localizado dentro da BG. O lançamento de águas residuais em corpos d'água representa uma das vias de entrada de microplásticos nos oceanos (Browne et al., 2011). Microplásticos podem ser encontrados no esgoto bruto devido ao uso de produtos cosméticos que possuem microesferas de plástico em sua composição, que acabam entrando nas redes de esgoto, além de roupas produzidas com tecidos sintéticos, cujas fibras se desprendem no processo de lavagem. Mesmo com estações de tratamento, uma parcela relevante de microplásticos é capaz de escapar e ir parar eventualmente no mar.

Alguns estudos sobre microplásticos já foram realizados na BG, mas com enfoque em medições de concentrações. Portanto, a associação da hidrodinâmica para analisar a dispersão dos microplásticos na baía é uma área que precisa ser estudada, podendo trazer informações relevantes para auxiliar futuras pesquisas e ações de remediação.

OBJETIVOS

O objetivo geral desse trabalho é analisar o transporte e a dispersão de microplásticos leves oriundos do ESEI – Emissário Submarino de Esgotos de Ipanema e do ESICa – Emissário Submarino de Icaraí, na Baía de Guanabara e zona costeira adjacente com suporte de modelagem hidrodinâmica computacional. Os objetivos específicos são:

Aplicar modelos de transporte Lagrangeano com o uso do SisBaHiA® – Sistema Base de Hidrodinâmica Ambiental, utilizando os emissários submarinos de Ipanema e Icaraí como fontes emissoras de partículas.

Verificar se a BG age como corpo receptor ou emissor de partículas de microplásticos leves, considerando o ESEI como uma fonte externa à baía, e o ESICa como uma fonte dentro da baía.

Identificar as regiões com maior probabilidade de acúmulo de microplásticos leves na BG, considerando apenas as partículas emitidas pelos emissários em questão.

METODOLOGIA

A análise da dispersão de microplásticos na BG e zona costeira adjacente foi feita com auxílio de modelagem computacional através do Sistema Base de Hidrodinâmica Ambiental (SisBaHiA® - www.sisbahia.coppe.ufrj.br). Trata-se de um sistema profissional de modelos computacionais registrado em nome UFRJ, com suporte do COPPE - Instituto Aberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ e da Fundação Coppetec, órgão gestor de convênios e contratos de pesquisa do COPPE/UFRJ. Desde 1987, o sistema vem sendo continuamente otimizado e ampliado através de diversos trabalhos, teses e projetos de pesquisa¹.

Para as análises em questão, foi necessário fazer um modelo hidrodinâmico tridimensional e três modelos de transporte Lagrangeano. Em todos os modelos, adotaram-se vazões permanentes de 7,0 m³/s para o ESEI e de 1,5 m³/s para o ESICa, que são equivalentes a valores médios diários, segundo informes das companhias de saneamento que os operavam quando esse estudo foi realizado, respectivamente a CEDAE e a Águas de Niterói.

Área de Interesse e Modelagem Digital do Terreno

Como ilustra a Figura 1, a área de estudo engloba toda a extensão da BG, incluindo trechos estuarinos de diversos rios, e uma parte da zona costeira adjacente. No mapa, a parte em branco contendo a malha representa o domínio de modelagem, para o qual foi feita a discretização e caracterização do terreno com dados de

¹ Amplos detalhes técnicos sobre o funcionamento do SisBaHiA®, incluindo tópicos sobre formulação matemática e numérica dos modelos, estão disponíveis em www.sisbahia.coppe.ufrj.br.

batimetria e rugosidade de fundo. Nota-se que a área costeira externa à BG é relativamente pequena, englobando principalmente a região para leste do ESEI, uma vez que um dos interesses do estudo é observar se a BG importa a pluma do ESEI.

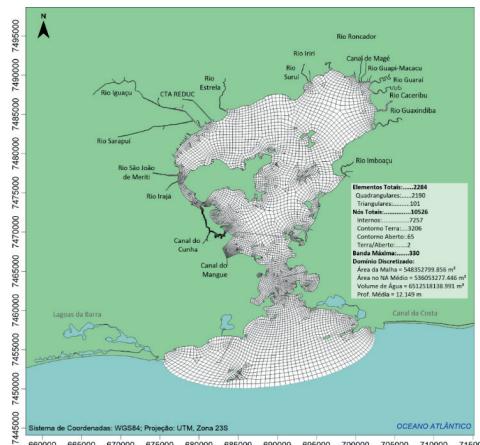


Figura SEQ Figura 1*. ARABIC 1. Malha de discretização do domínio da modelagem para a Baía de Guanabara, com as informações resumidas dos dados da malha de discretização em elementos finitos.

A malha de elementos finitos utilizada nesse estudo foi desenvolvida por Andrade (2018). Os dados da malha estão expostos na Figura 1. A batimetria e rugosidade estão ilustradas na Figura 2. Para mais informações sobre os dados de batimetria e rugosidade, veja Andrade (2018).

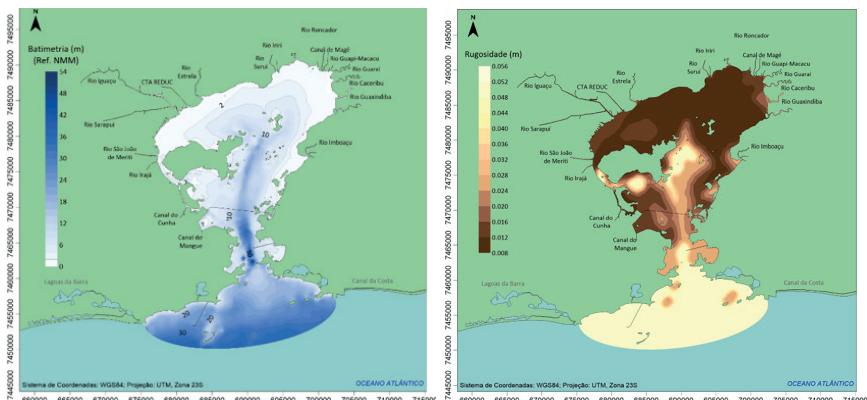


Figura SEQ Figura 2*. ARABIC 2. À esquerda: Batimetria utilizada pelo modelo no domínio de modelagem, referida ao Nível Médio do Mar da Carta Náutica 1512 da Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil (o NMM está na cota 0,69 acima do nível de redução da CN). À direita: Caracterização da amplitude da rugosidade do fundo.

Modelo Hidrodinâmico

Modelos hidrodinâmicos calculam a circulação hidrodinâmica 3D e a promediada na vertical (2DH). Os modelos de escoamentos naturais em geometrias complexas são representados via discretização espacial com elementos finitos quadráticos e transformação sigma na vertical. Neste trabalho, utilizou-se um modelo 3D para calcular o campo de velocidades na camada superficial, responsável pelo transporte de microplásticos leves, que tendem a boiar. Usou-se como base o modelo hidrodinâmico desenvolvido e validado por Andrade (2018). Todos os dados de entrada são referentes à estação de verão, do dia 21/12/2016 ao dia 20/03/2017, conforme descritos por Andrade (2018). Maiores detalhes sobre a obtenção de dados - maré, correntes, vazões fluviais e ventos - e parametrização do modelo estão descritos em Andrade (2018).

Modelo de Transporte Lagrangeano

O modelo de transporte Lagrangeano é utilizado para simulação de transporte advectivo-difusivo com reações cinéticas ou não, para camadas de escoamentos 3D ou 2DH. No caso dos microplásticos, não foi considerada nenhuma reação cinética nem de decaimento, visto que o período de modelagem é de apenas 3 meses.

Dado que os microplásticos leves boiam, considerou-se que eles ocupam uma camada com espessura média de meio metro junto à superfície livre. Por esta razão, o campo de velocidades utilizado para transporte das partículas de microplásticos leves foi obtido do modelo hidrodinâmico 3D, considerando as correntes em uma profundidade de 0,2 m a partir da superfície livre. Tal profundidade corresponde ao valor médio da espessura da camada superficial ocupada pelos microplásticos leves.

No modelo, é lançado um número de partículas na região fonte, em intervalos de tempo regulares, que são advectadas e dispersas pelas correntes turbulentas computadas pelo modelo hidrodinâmico. O volume emitido após cada intervalo de tempo é particionado no número de partículas lançadas.

Como o principal foco deste trabalho é analisar a dispersão das partículas e apresentar a modelagem computacional como metodologia de pesquisa do assunto, os valores de concentrações de microplásticos no esgoto são representativos de valores médios de medições. Porém, pequenas mudanças nos valores de concentração não alterariam significativamente o cálculo da dispersão através da modelagem.

Foram realizados três modelos para os microplásticos leves:

- | Os dois emissários atuando como fontes emissoras de microplásticos;
- | Apenas o ESEI atuando como fonte externa à BG;
- | Apenas o ESIca atuando como fonte interna da BG.

A divisão em três modelos, tendo cada emissário como fonte única, foi feita para melhor analisar a deriva dos microplásticos oriundos de cada emissário em específico. Sendo assim, pode-se observar se a BG age como corpo receptor ou emissor de partículas, visto que o ESEI se encontra fora da Baía, enquanto o ESICa encontra-se dentro.

Como referência para os valores de concentração utilizados nos modelos, foi tomado o relatório de análise da concentração de microplásticos em esgoto bruto da ETE Foz Águas 05 de Deodoro, no Rio de Janeiro, desenvolvido por Martins (2017). Foram detectadas 0,19 g de microplásticos com tamanhos variando de 4,75 mm até 125 µm em 40 L de esgoto bruto, resultando em uma concentração equivalente de 4,75 mg/L. Vale ressaltar que esse valor se refere apenas às partículas com densidade inferior à 1,15 g/mL, que é a densidade da solução saturada de NaCl utilizada para fazer a separação por densidade do material. Logo, os microplásticos mais densos não foram considerados. Mais detalhes sobre os critérios de amostragem podem ser vistos em Martins (2017).²

Em relação ao tratamento do esgoto lançado pelo ESEI, há apenas um gradeamento grosso para reter resíduos sólidos e, em seguida, o esgoto é encaminhado para bombas centrífugas, que agem como um liquidificador e trituram o material sólido presente, segundo informações de técnico da CEDAE. Assim, pode-se concluir que a concentração de microplásticos no efluente do ESEI lançado ao mar pode ser ainda maior do que a concentração original no esgoto bruto. Isto posto, considerou-se no modelo a concentração de microplásticos flutuantes igual a 4,75 mg/L, como registrado no relatório de Martins (2017).

Já o esgoto lançado pelo ESICa recebe tratamento primário quimicamente assistido, realizado pela concessionária Águas de Niterói. Considerando o tratamento existente, adotou-se uma taxa de remoção de cerca de 70% (Sun, 2017) em relação ao dado de Martins (2017), resultando em uma concentração de 1,5 mg/L no efluente final.

Outro fator considerado no modelo é a absorção de partículas em zonas de praia. Isso é realizado através do coeficiente de absorção (c_A) em fronteiras terrestres do modelo. O c_A refere-se à fração de massa que é absorvida no trecho da fronteira atingido, variando, portanto, entre valores de 0 a 1. Nesse trabalho, considerou-se um c_A de 0,05 para praias e mangues e 0 para costas rochosas e similares. Foi utilizado um valor baixo, pois, uma vez que a partícula tem toda sua massa absorvida, ela não retorna à água. Entretanto, isso não acontece no caso real dos microplásticos, que podem se depositar em praias e eventualmente se desprender, retornando ao mar. Esse efeito pode ser considerado na modelagem, mas não foi incluído nas análises deste artigo.

² Com relação às medições, destaca-se que o foco deste trabalho é apresentar a modelagem como metodologia de avaliação, os valores de concentração podem ser relativizados.

RESULTADOS

A partir dos resultados do modelo, foi possível distinguir regiões de acúmulo e deposição de microplásticos leves, oriundos dos emissários submarinos, na BG e na zona costeira adjacente. É importante ressaltar que os resultados apresentados se referem aos dados de ventos típicos de verão. Através dos resultados, fica evidente que as partículas de microplásticos leves são fortemente influenciadas pelos ventos, uma vez que elas ocupam as camadas superficiais da coluna d'água. Em relação ao ESEI, v. Figura 3, observa-se, no período analisado, que a maior parte do que é lançado direciona-se para o oceano longe da costa. Os resultados são apresentados em mapas de percentual de ocorrência, isto é, o percentual de ocorrência de microplásticos no tempo (por exemplo, se uma área apresenta um percentual de 20%, significa que, em 20% do período de três meses representado no modelo, houve presença de microplásticos naquela área). A região que engloba a praia do Diabo e o Forte de Copacabana apresenta um percentual de ocorrência de microplásticos oriundos do ESEI de 20% a 40% do tempo, sendo mais elevado do que o das outras praias continentais. Isso sugere que ela possa ser um foco de acúmulo de microplásticos leves, que eventualmente se acumulam nas fissuras das rochas e areias das praias. Tal resultado é compreensível, uma vez que se trata de um trecho do litoral projetado ao mar, portanto mais exposto à passagem da pluma do emissário. Ademais, notam-se regiões de acúmulo dentro da Baía, com destaque para a Marina da Glória, Enseada de Botafogo, Canal do Mangue e Canal do Cunha. Para concentrações maiores ou iguais a 2,4 mg/L, equivalente à metade da concentração de saída do ESEI, a Marina da Glória obteve destaque, apresentando percentuais de ocorrência de até 20%, como ilustrado na Figura 4.

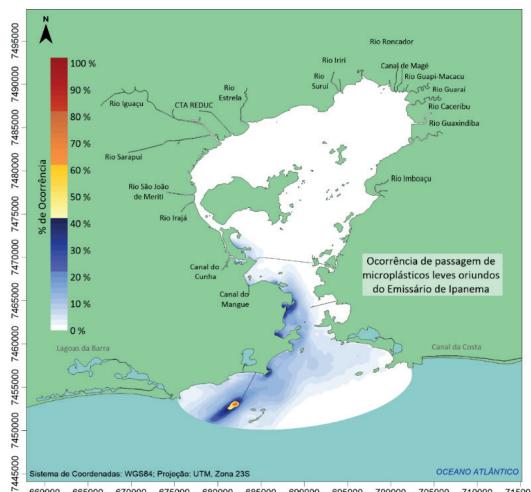


Figura SEQ Figura * ARABIC 3. Ocorrência de passagem de microplásticos leves oriundos do ESEI, independente de valores de concentração.

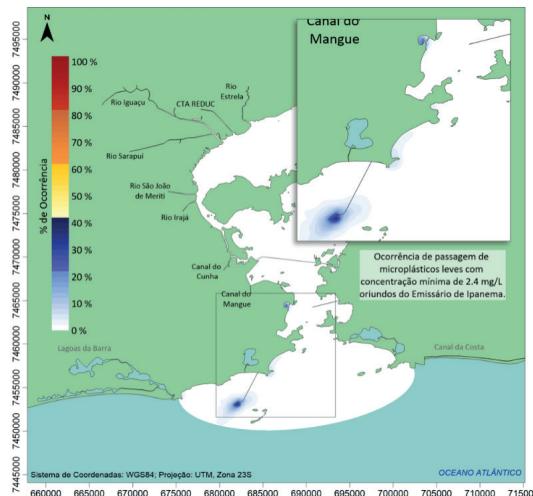


Figura SEQ Figura * ARABIC 4. Ocorrência de passagem de micropartículas leves com concentração mínima de 2,4 mg/L oriundos do ESEI, com destaque para as regiões de acúmulo.

Já em relação à pluma oriunda do ESIca, percebe-se que ela é mais influenciada pelas correntes de maré, fazendo com que fique, na maior parte do tempo, na região do canal da BG, oscilando na direção NorteθSul, como ilustrado na Figura 5. Dependendo das condições de vento, os micropartículas vão se acumulando e são eventualmente transportados para fora da Baía (Figura 7). Assim como no caso do ESEI, a região da Marina da Glória também acumula partículas oriundas do ESIca, com percentuais de ocorrência de 60% a 70% para concentrações mínimas de 0,75 mg/L, equivalente à metade da concentração do efluente lançado, cf. Figura 6. As regiões da enseada de Botafogo, do Canal do Cunha e Canal do Mangue acumulam ainda mais micropartículas oriundas do ESIca do que do ESEI, o que faz sentido devido à maior proximidade. A região que engloba a Praia do Diabo e o Forte de Copacabana também teve destaque.

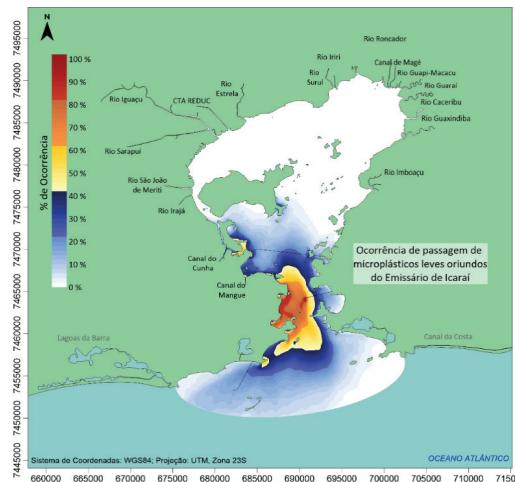


Figura SEQ Figura * ARABIC 5. Ocorrência de passagem de microplásticos leves oriundos do ESICa, independente de valores de concentração.

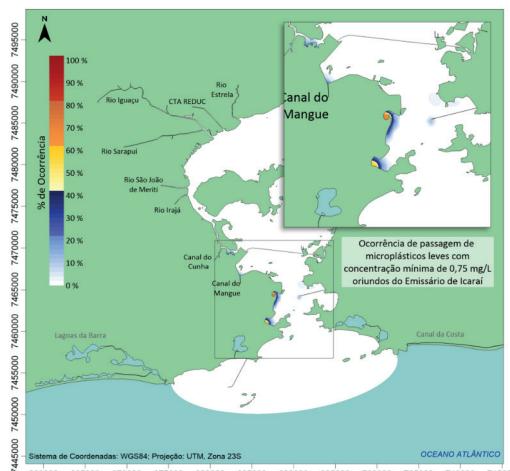


Figura SEQ Figura * ARABIC 6. Ocorrência de passagem de microplásticos leves com concentração mínima de 0,75 mg/L oriundos do ESICa, com destaque para as regiões de acúmulo.

A dispersão dos microplásticos leves em diferentes condições de ventos e marés pode ser observada na Figura 7. Observa-se que a concentração na BG varia muito, dependendo das condições, principalmente em relação aos ventos. Ao observar as imagens, fica bem claro como a direção predominante da pluma coincide com a do vento naquele instante. Na maré vazante, a maior parte das partículas é levada para fora da BG, ficando uma parte retida nas zonas de acúmulo já identificadas.

Os resultados em seis instantes estão apresentados na Figura 7 e são referentes à maré de sizígia. Seguem abaixo as informações quanto aos ventos em estação externa à BG, em ângulos azimutais em relação ao Norte verdadeiro:

81°, ~ 6,7 m/s;

107°, ~ 0,7 m/s;

192°, ~ 4,2 m/s;

116°, ~ 4,0 m/s;

64°, ~ 9,4 m/s;

176°, ~ 1,0 m/s.

É notável a absorção de partículas oriundas dos emissários em algumas praias do domínio. Ademais, percebe-se que, mesmo em instantes em que a pluma do ESEI está sendo levada para o oceano, como no quadro 5 da Figura 7, existem partículas oriundas desse emissário aprisionadas nas regiões de acúmulo dentro da BG.

CONCLUSÕES

A partir dos resultados analisados, observa-se que as partículas oriundas dos emissários não chegam à porção mais ao Norte da BG, dificilmente ultrapassando a Ilha do Governador. Isso não significa que as águas dessa região não devam transportar microplásticos, uma vez que elas recebem as vazões dos rios.

Também puderam ser identificadas cinco regiões críticas, que o modelo apontou como mais relevantes para a presença de microplásticos leves na água. Dessa forma, é de interesse que sejam realizadas coletas preferencialmente nessas regiões, de modo também a validar as informações obtidas através da modelagem. Não necessariamente, essas regiões são as regiões com as maiores concentrações de microplásticos na BG. Os resultados indicam apenas que elas são as regiões que mais recebem os microplásticos leves oriundos dos emissários. São elas:

- | | |
|------------------------|---|
| 1. Marina da Glória; | 4. Canal do Mangue |
| 2. Enseada de Botafogo | 5. Praia do Diabo e Forte de Copacabana |
| 3. Canal do Cunha | |

Através dos resultados do modelo, pode-se concluir que a BG atua tanto como receptora, quanto como emissora de microplásticos leves. Os resultados mostraram que uma parcela dos microplásticos leves oriundos do ESEI, localizado fora da BG, tende a ficar aprisionada em regiões dentro da baía. Enquanto isso, grande parte da pluma do ESEI, além de se acumular nas mesmas regiões, é transportada para fora da baía.

Vê-se que o uso da modelagem como ferramenta para análise da dispersão de microplásticos tem um grande potencial, ao oferecer uma visualização de sua movimentação nas águas ao longo do tempo. Posto isso, ela pode servir como base para o planejamento de campanhas de campo. Para uma análise ainda mais abrangente, é necessário levar em consideração os microplásticos densos, assim como outras possíveis fontes emissoras, como rios, canais e praias na BG e zona costeira adjacente.

Vale ressaltar, porém, que a análise de microplásticos no ambiente traz muitos desafios que não foram considerados a fundo neste estudo. As partículas de microplástico apresentam uma heterogeneidade muito grande em relação a tamanho, formato, densidade e composição química, o que afeta diretamente seu transporte na coluna d'água (Kaimathuruthy et al., 2025).

Outro empecilho apontado pela literatura recente é a falta de dados observacionais de longa duração e específicos ao local analisado, o que prejudica o realismo das modelagens. Isso cria um ciclo de retroalimentação prejudicial: o desenvolvimento e aprimoramento de modelos são severamente limitados pela escassez de dados, enquanto a dificuldade e o custo da coleta de dados são agravados pela ausência de requisitos claros, orientados por modelos, sobre quais dados são mais úteis. Isso revela um gargalo fundamental no avanço da modelagem do transporte de microplásticos (Kaimathuruthy et al., 2025).

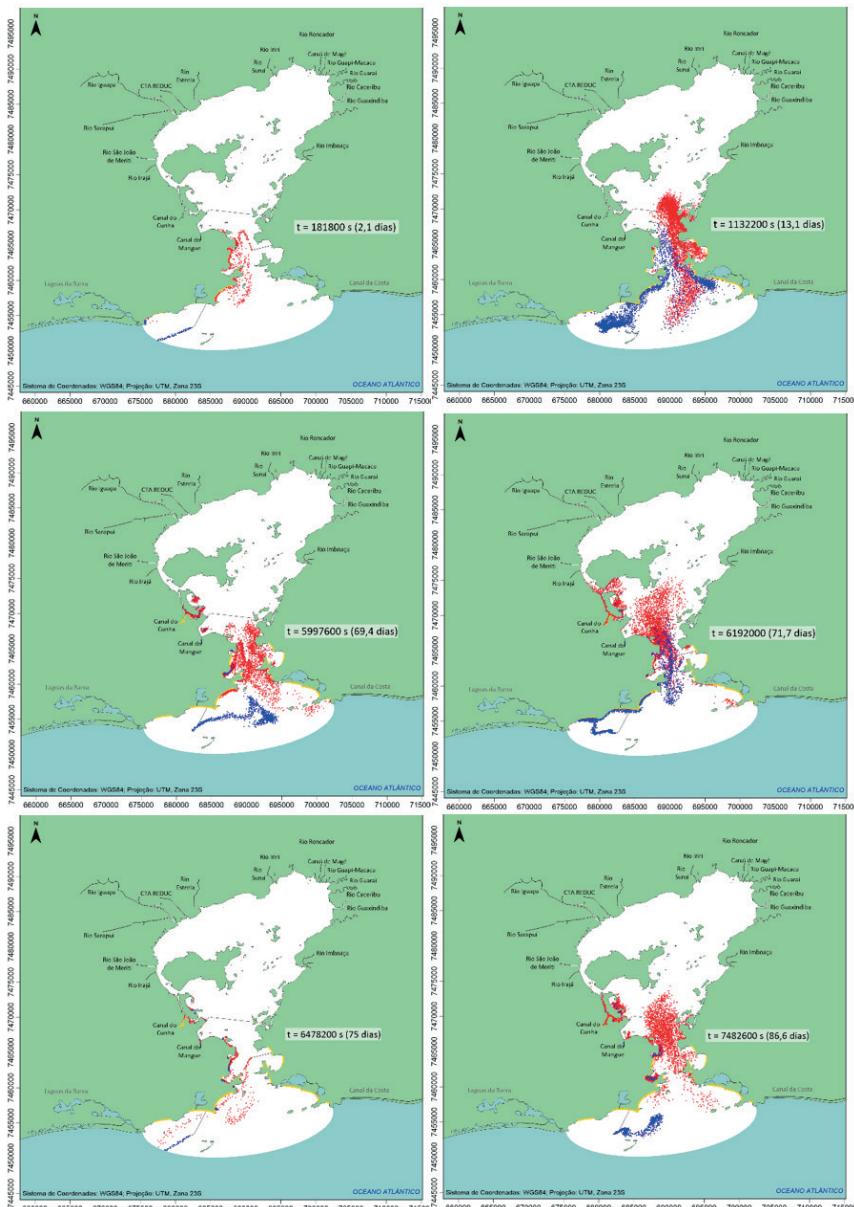


Figura 7. Ocupação das plumas de microplásticos leves oriundos dos dois emissários em diferentes condições de ventos e marés. As partículas vermelhas são oriundas do ESIca, as azuis do ESEI e as amarelas representam as partículas absorvidas em praias e mangues. As figuras estão numeradas pela ordem temporal

REFERÊNCIAS

- Andrade, V. S. Modelagem da dispersão de microplásticos na Baía de Guanabara e zona costeira adjacente. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2018. Disponível em < <http://www.coc.ufrj.br/pt/dissertacoes-de-mestrado/602-msc-pt-2018/9025-veronica-silveira-de-andrade-dissertacao> >
- Barnes, D. K. A.; Galgani, F.; Thompson, R. C.; Barlaz, M. Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philosophical Transactions of The Royal Society*, v. 364, n. 1526, p. 1985-1998, 2009.
- Browne, M. A.; Galloway, T. S.; Thompson, R. C. Spatial Patterns of Plastic Debris along Estuarine Shorelines. *Environmental Science & Technology*, 2010.
- Eriksen M, Cowger W, Erdle LM, Coffin S, Villarrubia-Gómez P, Moore CJ, et al. A growing plastic smog, now estimated to be over 170 trillion plastic particles afloat in the world's oceans—Urgent solutions required. *PLoS ONE* 18(3):e0281596, 2023. Disponível em <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0281596>>
- GESAMP. Sources, Fate and Effects of Microplastics in the Marine Environment: A Global Assessment. Rep. Stud. GESAMP, v. 90, p. 96, 2015.
- Geyer, R.; Jambeck, J.; Law, K. L. Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, v. 3, n. 7, 2017.
- Kaimathurthy, B. J.; Jalón-Rojas, I.; Sous, D. Modelling Microplastic Dynamics in Estuaries: A Comprehensive Review, Challenges and Recommendations. EGUsphere [preprint], 2025.
- Martins, M. C. T. Avaliação da presença de microplásticos em efluente gerado por estação de tratamento de esgoto (ETE). Departamento de Química, PUC Rio, 2017.
- Rochman C. M.; Browne, M. A.; Haplern, B. S.; Hentschel, B. T.; Hoh, E.; et al. Classify plastic waste as hazardous. *Nature*, v. 494, p. 169-171, 2013.
- Sun, J.; Dai, X.; Wang, Q.; van Loosdrecht, M. C. M.; Ni, B.-J. Microplastics in wastewater treatment plants: Detection, occurrence and removal. *Water Research*, v. 152, p. 21-37, 2019.



T R A B A L H O 1 7

ECONOMIA CIRCULAR NA INDÚSTRIA COSMÉTICA: A RECICLAGEM DE EMBALAGENS

Caroline Teixeira Lopes

RESUMO: A crescente geração de resíduos sólidos, impulsionada pelo consumo excessivo e uso de plásticos descartáveis, representa um desafio global atual. No setor de cosméticos, embalagens de uso único como as de xampu e condicionador respondem por uma parcela significativa desse problema. Este estudo propõe a reutilização do polietileno de alta densidade (PEAD) dessas embalagens, avaliando suas propriedades mecânicas, térmicas e físico-químicas do material reciclado após um ciclo de reciclagem. A metodologia envolveu a limpeza, secagem, moagem, reciclagem do PEAD e injeção para confecção de corpos de prova, posteriormente submetidos a análises físico-química, térmica e mecânicas. Os resultados indicaram que o PEAD reciclado mantém propriedades similares ao material virgem, com fratura dúctil e boa estabilidade térmica, confirmando sua viabilidade técnica para reutilização.

PALAVRAS-CHAVES: Embalagens de cosméticos, Reciclagem, PEAD, Ciclo de reprocessamento.

INTRODUÇÃO

A geração de resíduos sólidos urbanos acompanha a humanidade desde suas primeiras organizações sociais, sendo um importante indicador de atividade humana (KINDLEIN; COUTINHO, 2014). Com a Revolução Industrial e o surgimento de novos materiais, como o plástico, houve um salto significativo na produção de resíduos (ONU, 2024). O crescimento populacional e o aumento do consumo ampliaram ainda mais a geração de resíduos, exigindo soluções para o descarte adequado (SOUZA; RIBEIRO, 2022). Em resposta a esses desafios, a Agenda 2030 estabeleceu 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), com destaque para o ODS 11, 12 e 13, voltados para cidades sustentáveis, consumo responsável e ação climática (ONU, 2015). No Brasil, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010)

busca promover práticas sustentáveis, embora sua implementação enfrente desafios significativos, como o elevado consumo de plásticos descartáveis e de uso único (AWOYERA; ADESINA, 2020; CONCEIÇÃO et al., 2019). O Panorama Global do Manejo de Resíduos (2024) aponta que o mundo gerou 2,1 bilhões de toneladas de resíduos em 2023, com previsão de 3,8 bilhões até 2050, sendo 33% descartados inadequadamente. No Brasil, 80,96 milhões de toneladas foram geradas em 2023, com 26,72 milhões descartadas de forma incorreta (ABRELPE, 2024).

Atualmente, aproximadamente 40% de todo o plástico produzido tem vida útil de até um ano. Dentro desse quantitativo estão as embalagens de cosméticos, que produção anual de 120 bilhões de unidades, principalmente, para uso único (THE UPCYCLED BEAUTY COMPANY, 2024). No Brasil, as embalagens de xampu e condicionador são as mais utilizadas, presentes em 81% da “cesta básica de beleza” de homens e mulheres (PLAN BEAUTY, 2022). Neste trabalho propõe-se a reciclagem de PEAD proveniente de embalagens de xampu e condicionador, demonstrando seu potencial para promover a sustentabilidade a longo prazo.

OBJETIVO

Investigar os efeitos da exposição de embalagens plásticas de shampoo e condicionador a UM ciclo de reciclagem, avaliando suas propriedades mecânicas, térmicas e físico-químicas e possibilidade de aplicação posterior.

METODOLOGIA

Foram utilizadas embalagens de xampu e condicionador, cujos rótulos e tampas foram previamente removidos. Em seguida, as embalagens foram cortadas para facilitar a limpeza, especialmente das superfícies internas. Após a higienização, procedeu-se à secagem em estufa a 80 °C por 1 hora. Foi estabelecido então que o esquema de processos e análises, como mostrado na Figura 1.

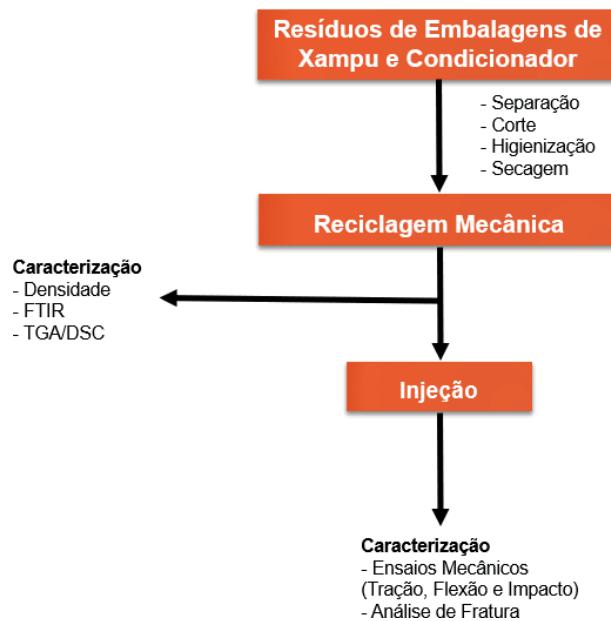


Figura 1: Metodologia aplicada

Após definição da metodologia, o material passou pelo processo de reciclagem para que em seguida fossem realizadas as análises estabelecidas. O processo de reciclagem é apresentado na Figura 2.



Figura 2: Esquema de reciclagem da embalagem de cosméticos

Posterior ao processo de reciclagem o material foi injetado para obtenção dos corpos de prova, estes foram utilizados posteriormente para caracterização dos parâmetros mecânicos do material. Os corpos de prova utilizados são apresentados na Figura 3.

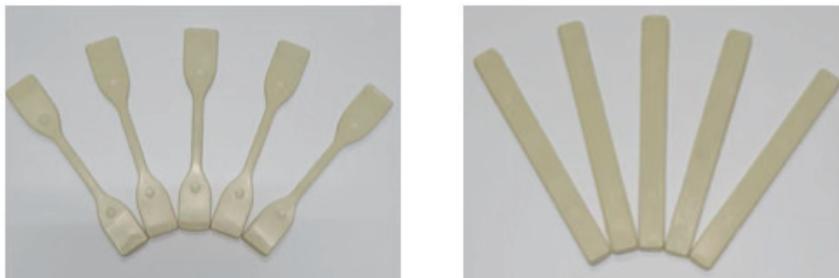


Figura 3: Corpos de prova de tração e flexão obtido após o processo de reciclagem das embalagens

RESULTADOS

A partir da metodologia adotada, os resultados obtidos por meio de Espectroscopia de Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR) e Termogravimetria (TGA) demonstram que, após o primeiro ciclo de reciclagem, o PEAD reciclado mantém parâmetros similares ao material virgem, conforme evidenciado nas Figuras 4 e 5, e nas Tabelas 1 e 2 (SILVA et al,2023; NOVOA, 2014; MAQUINÉ, 2022).

Figura 4: Espectro de FTIR do PEAD após o 1º ciclo de reciclagem

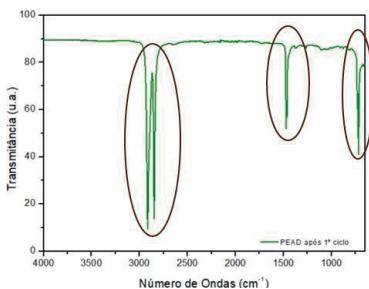


Tabela 1: Principais vibrações na região do FTIR observados no PEAD

Número de Ondas (cm ⁻¹)	Tipo de Ligação	Tipo de Vibração	Referência
2914-2846	C=O	Alongamento simétrico e assimétrico	Silva et al. (2023), Novoa (2014)
1473	CH ₂	Estiramento de deformação	Novoa (2014), Maquiné (2022)
1375-1014	C-C	Deformação vibracional	Lima (2022), López et al. (2017)
718	C-H	Torção	Vale (2023), Maquiné (2022)

Figura 5: Curva de TGA e DTG do PEAD reciclado

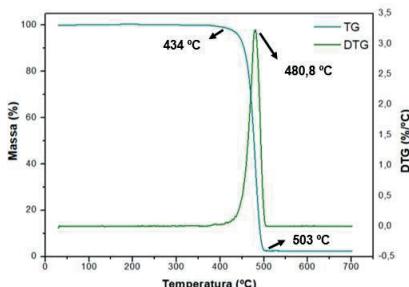


Tabela 2: Valores de TGA e DTG observados no PEAD

	TGA		DTG
	Temp. (°C)	Massa final (%)	Temp. máx. (°C)
Valores Obtidos	434 - 503	2,4%	480,8
Referência	430 - 500 (Novoa, 2014) 400 - 500 (Brandão et al, 2021)	1,7 % (Novoa, 2014) 2,3% (Brandão et al, 2021)	475,7 (Novoa, 2014) 476 (Roman et al, 2022)

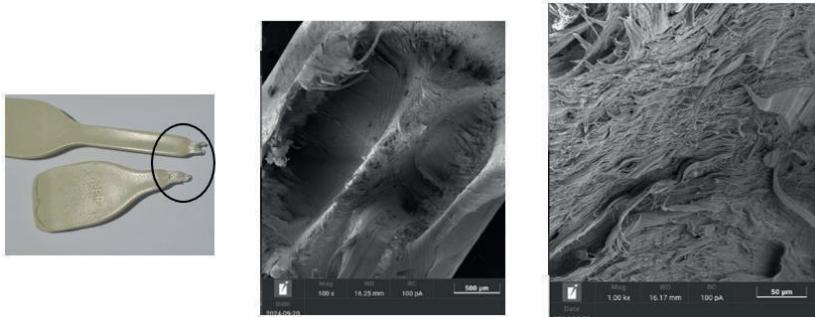
As propriedades mecânicas e a densidade do material reciclado, apresentadas na Tabela 3, também se mostraram próximas às do PEAD virgem (VALE, 2023; CALLISTER, RETHWISCH, 2018).

Figura 6: Propriedades mecânicas e de reciclagem do material reciclado

Material	Resistência à Tração (MPa)	Deformação na Tensão Máximo (%)	Módulo de Elasticidade em Tração (MPa)	Resistência à Flexão (MPa)	Módulo de Elasticidade em Flexão (MPa)	Resistência ao Impacto (kJ.m ⁻²)	Densidade (g.cm ⁻³)
PEADr	28,88 ± 2,03	40,12 ± 2,79	157,0 ± 19,07	24,73 ± 3,48	801,04 ± 202,3	16,47 ± 1,86	0,95 ± 0,01
Referência	30 (Lastro, 2025)	< 50 (Lastro, 2025)	100 -1400 (Nitaplas, 2017)	16,05 ± 0,07 (Morais et al, 2023)	1090 (Braskem, 2017)	19,15 ± 0,74 (Morais et al, 2023)	0,96 (Lastro, 2025)

Após realização dos ensaios mecânicos, o corpo de prova utilizado no ensaio de tração foi utilizado para a realização do ensaio de fratura. Foi possível observar um rasgamento fibroso, característica típica de uma fratura dúctil, ligado a uma significativa deformação plástica antes da ruptura.

Figura 7: Fratura do Corpo de Prova (a) olho nu (b) 100x (c) 1000x



Os resultados obtidos indicam a viabilidade de reutilização do polietileno de alta densidade (PEAD) após o primeiro ciclo de reciclagem, sem comprometer propriedades essenciais do material. Mesmo após o processamento, o material manteve características físico-químicas e mecânicas relevantes, o que o torna adequado para novas aplicações, reforçando seu potencial dentro de uma abordagem mais sustentável de uso contínuo de recursos plásticos.

REFERÊNCIAS

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, 2024. Disponível em: <https://www.abrema.org.br/panorama/>. Acesso em: 20 de jan. 2025.

ASTM D570. Standard Test Method for Water Absorption of Plastics. ASTM Stand. USA, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1520/D0570-98R10E01>. Acesso em 10 mar 2025

ASTM D638. Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics. ASTM Stand. USA, 2014. Disponível em: <https://www.astm.org/d0638-14.html>. Acesso em 10 mar 2025

CALLISTER, W. D.; RETHWISCH, D. G. Fundamentos da Ciência e Engenharia dos Materiais. 9^a ed. Rio de Janeiro: LTC, 2018

CONCEIÇÃO, M. & PACHECO, J. & DALMAS, F. & ROSINI, A. (2019). O plástico como vilão do meio ambiente. Revista Geociências - UNG-Ser. 18. 50. 10.33947/1981-7428-v18n1-4024.

GASTON, F.; DUPUY, N.; GIRARD-PERIER, N.; MARQUE, S. R. A.; DOREY, S.; Comprehensive investigation on physical and chemical properties of γ -irradiated multilayer PE/EVOH/PE film: A multiscale approach. Applied Research. 2023 <https://doi.org/10.1002/appl.202200065>

ONU, United Nations Environment Programme, International Solid Waste Association United (2024). Global Waste Management Outlook 2024: Beyond an age of waste – Turning rubbish into a resource. Disponível em: <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/44939>. Acesso: 14 maio 2024

OECD, Global Plastics Outlook: Economic Drivers, Environmental Impacts and Policy Options, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1787/de747aef-en>. Acesso: 14 maio 2024

SILVA, J. J. O.; CERQUEIRA, G. R.; MORELLI, C. L.; ALVES, K. G. B. Thermo-oxidative degradation in polymer blends of HDPE/EVOH/PE-g-AM applied in the automotive industry. Observatorio de la Economia Latinoamericana, v. 21, n. 08, p. 7943-7964, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.55905/oelv21n8-011>. Acesso em: 30 mar. 2025.

TERRANOVA, C., BIAZINI, F. L. (2022). Planares: Analysis and suggestions for improvements. Revista Tecnologia e Sociedade, 18(53). <https://doi.org/10.3895/rts.v18n53.15795>



T R A B A L H O 1 8

EMPRESAS DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS NO BRASIL

Fernando Altino Medeiros Rodrigues

Alexander Felix Martins

Camila Spinola Gonçalves Ferreira

Dilma dos Santos Lacerda

Marcelo Augusto Vieira de Souza

Maria Georgina Muniz Washington

Mariana Bessa Ribeiro de Lima

Neilson Martins de Oliveira

RESUMO: Este trabalho apresenta um painel de empresas de gerenciamento de resíduos no Brasil. As empresas são organizadas em dois grandes grupos: no primeiro grupo são listadas as empresas que têm o gerenciamento de resíduos como seu CNAE principal. No segundo grupo são elencadas as empresas que têm o gerenciamento de resíduos como o CNAE secundário.

PALAVRAS-CHAVE: Empresas de gerenciamento de resíduos; Regiões do Brasil; CNAE.

INTRODUÇÃO

O trabalho aborda o gerenciamento de resíduos no Brasil. Uma lista das empresas de gerenciamento de resíduos das cinco regiões do Brasil foi elaborada, contendo todas as informações relevantes.

As empresas são organizadas em dois grandes grupos: no primeiro grupo são listadas as empresas que têm o gerenciamento de resíduos como seu CNAE principal. No segundo grupo são elencadas as empresas que têm o gerenciamento de resíduos como o CNAE secundário.

O CNAE (Classificação Nacional de Atividades Econômicas) é criado e mantido pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), em parceria com a Receita Federal do Brasil. Ele é utilizado para padronizar e organizar as atividades econômicas no país, facilitando a coleta, a organização e a análise de dados econômicos.

A Classificação Nacional de Atividades Econômicas - CNAE visa a estabelecer uma classificação padronizada das atividades econômicas produtivas, fornecendo um conjunto de categorias para uso na coleta e divulgação de estatísticas por tipo de atividade econômica. Essas categorias são agrupadas, o máximo possível, de acordo com a organização dos processos econômicos em unidades e como as estatísticas econômicas os descrevem.

Portanto, o CNAE é usado para agrupar as unidades de produção de acordo com o trabalho que realizam em categorias definidas como segmentos homogêneos, principalmente com base na semelhança de funções produtivas (insumos, tecnologia e processos), bem como nas características dos bens e serviços ou nas finalidades de uso.

O CNAE primário é o responsável pela emissão de notas fiscais e está disponível para consulta pela Receita Federal. Quando são fornecidos serviços relacionados, os outros são considerados secundários e servem como suporte para outras operações comerciais.

OBJETIVO

O objetivo do trabalho baseia-se em alcançar uma visão ampla do mercado de gerenciamento de resíduos na abrangência nacional. Destaca-se, todavia, que o estudo aborda empresas das cinco regiões do Brasil.

METODOLOGIA

Foram utilizados critérios para qualificar as empresas com potencial para serem incluídas no nosso levantamento.

O foco foi centrado nas empresas privadas com situação cadastral ativa e regime tributário convencional, excluindo as cooperativas e as associações.

Entende-se que a faixa de faturamento entre 4,8 e 300 milhões de reais seja um range que abraça as empresas, tanto às de destinação final (aterros, usinas de reciclagem) quanto às empresas de coleta e transporte (destinação terceirizada).

O CNAE permitiu que focássemos nas empresas que realmente realizam um trabalho de coleta, transporte, gerenciamento e destinação de resíduos, como pode ser observado na Figura 1 - CNAE.

A Figura 1 – CNAE - detalha as classes escolhidas e as suas principais atividades relacionadas à gestão de resíduos [1].

Figura 1 - CNAE

3812-2/00 Coleta de Resíduos Perigosos	3821-1/00 Tratamento e Disposição de Resíduos Não Perigosos
3811-4/00 Coleta de Resíduos Não Perigosos	3822-1/00 Tratamento e Disposição de Resíduos Perigosos
4930-2/03 Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos	3900-5/00 Descontaminação e Outros Serviços de Gestão de Resíduos

Fonte: O autor, 2025.

Conforme ilustrado na Figura 2 – Metodologia - foram criados, de forma estratégica, dois grupos de trabalho: técnico e administrativo, que trabalharam em sintonia.

Figura 2 – Metodologia.



¹ Formatação visando a organizar e padronizar as informações por empresa

Fonte: O autor, 2025.

Coube ao grupo técnico, inicialmente, organizar as informações relevantes a serem selecionadas por empresas de forma padronizada. O grupo administrativo ficou com a tarefa da formatação.

O grupo administrativo, num primeiro plano, se organizou para identificar as empresas e coletar as informações em bancos de dados disponíveis.

Não obstante as tarefas estarem divididas entre os dois grupos, foi previsto, e efetivamente houve, um trabalho integrado.

O estudo foi dividido em dois segmentos: Empresas de Gerenciamento de Resíduos como Atividade Principal e Empresas de Gerenciamento de Resíduos como Atividade Secundária.

O primeiro segmento contemplou as empresas que têm Gerenciamento de Resíduos como CNAE principal. O segundo segmento contemplou as empresas que têm Gerenciamento de Resíduos como CNAE secundário [3] .

As empresas do primeiro segmento – atividade principal – têm uma relevância maior no contexto do Gerenciamento de Resíduos. Todavia, entendeu-se que muitas empresas que têm o Gerenciamento de Resíduos como atividade secundária merecem ser consideradas, pois apresentam-se como boas alternativas para muitos casos.

Regiões do Brasil:

- | Região Sul - Empresas de Gerenciamento de Resíduos dos Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.
- | Região Sudeste - Empresas de Gerenciamento de Resíduos dos Estados do Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo.
- | Região Norte - Empresas de Gerenciamento de Resíduos dos Estados do Acre, Amapá, Amazonas, Pará e Rondônia.
- | Região Nordeste - Empresas de Gerenciamento de Resíduos dos Estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe.
- | Região Centro-Oeste - Empresas de Gerenciamento de Resíduos dos Estados de Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e o Distrito Federal.

RESULTADOS E CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS

Fundamentado nos trabalhos de análise crítica realizados pela equipe técnica, sublinham-se, a seguir, uma relação das empresas com potencial de crescimento, baseado no posicionamento de mercado, oportunidades para novos negócios e estrutura financeira, o que não desmerece as outras empresas listadas.

REGIÃO SUL - EMPRESAS

MEIOESTE AMBIENTAL LTDA

A Meioeste é uma empresa com responsabilidade socioambiental que busca soluções em total acordo com as normas da legislação vigente e colaboram na melhoria da qualidade de vida das populações das cidades beneficiadas pelas iniciativas, ao dar destinação adequada ao lixo urbano.

Site: <https://www.meioesteambiental.com.br/index.php>

POSITIVA QUALIDADE AMBIENTAL LTDA

A Positiva realiza serviços de saneamento ambiental, desde limpezas com caminhão auto vácuo até prestação de serviços em condomínios.

Site: <https://www.positiva-rs.com.br/>

VIA NORTE COLETA E TRANSPORTE DE RESÍDUOS EIRELI

A Via Norte, iniciou suas atividades no ano de 2003, no município de Passo Fundo, região norte do Rio Grande do Sul, focada na coleta e transporte de resíduos de saúde, onde atuou neste segmento até o ano de 2013. No ano de 2010, a partir da identificação de um nicho de mercado, a Via Norte decidiu expandir seus serviços e passou a atuar também na coleta, transporte e destinação final de resíduos orgânicos. Também neste ano, criou a divisão de resíduos industriais.

Site: <https://www.vianorteresiduos.com.br>

SERQUIP TRATAMENTOS RESÍDUOS PR LTDA

Gerenciadora de resíduos industriais e hospitalares no Estado de Minas Gerais, possui mais de 30 caminhões na frota e 6 unidades de tratamento no Estado: Belo Horizonte, Governador Valadares, Montes Claros, Santa Luzia, Ubá, Uberlândia.

Site: <http://serquipmg.com.br/index.html>

SERVIOESTE SOLUÇÕES AMBIENTAIS LTDA

Fundada em 1999, na cidade de Chapecó (SC), a Servioeste atua na gestão de resíduos mediante os serviços de coleta, transporte, tratamento e disposição e destinação final de resíduos de saúde, sólidos urbanos e industriais. O grupo Servioeste também atua na gestão de centrais de tratamento de resíduos de portos e aeroportos.

Site: <https://www.servioeste.com.br/>

COMPOSTEC SOLUÇÕES AGROAMBIENTAIS LTDA

A Compostec Soluções Agroambientais é uma empresa especializada no transporte, destinação e tratamento de resíduos orgânicos agroindustriais, agropecuários e urbanos classe II, segundo a norma ABNT NBR 10004:2004. Realiza o processo de compostagem aeróbica com o uso de micro-organismos eficientes associados a biotecnologias, que resulta num condicionador de solo classe A de uso agrícola. Sua sede foi fundada em 2004, em Toledo – PR.

Site: <http://www.compostec.com.br/>

CRI COLETA E INDUSTRIALIZAÇÃO DE RESÍDUOS LTDA

O Grupo CRI oferece serviços de Limpeza Urbana, Coleta e Destinação de Resíduos Sólidos desde 1999, atuando em municípios nos três estados do Sul (SC, PR e RS) e um do Nordeste do Brasil (MA), atendendo órgãos públicos e empresas privadas.

Site: <http://www.cricoleta.com.br/home/>

RECICLA SERVIÇOS GESTÃO AMBIENTAL EIRELI

Início da empresa em 1993, através da Roll-On transportadora, atuando no transporte de resíduos e produtos para o destino final. Em 2005, a partir da necessidade de operações de reciclagem, foram criadas as empresas Servimetals e Reciclatudo. Para atender a demanda, cada vez maior, em 2010 foi inaugurada a empresa Reciclaserviços, trabalhando com mão de obra, locação de equipamentos, consultorias ambientais, remediações de área degradadas e demais serviços ambientais. Em janeiro de 2017 surgiu o GRUPO RECICLA, através da união dessas quatro empresas.

Site: <http://www.gruporecicla.com.br/>

AMBIENTAL VITARE LTDA

A Ambiental Vitare está situada em Santa Terezinha de Itaipu, a cerca de 20 km do centro de Foz do Iguaçu na região Trinacional. A empresa coleta os subprodutos de origem animal e vegetal praticamente em toda a região oeste do Paraná. Atualmente a Ambiental Vitare é a única empresa licenciada para fazer a coleta de óleo de fritura visando a reutilização ou reciclagem em toda essa região.

Site: <http://www.vitare.ind.br/>

REGIÃO SUDESTE - EMPRESAS

ENOB ENGENHARIA AMBIENTAL LTDA

Selecionada devido ao potencial de crescimento no setor de valorização de resíduos, a ENOB vem crescendo nos últimos anos a partir da coleta e blendagem de resíduos classe II para destinação aos fornos de cimento, os quais utilizam este blend como combustível alternativo. Com as novas diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos, tratamentos alternativos à incineração e aterro sanitário estão em alta com tendência contínua de crescimento.

Site: http://enob.com.br/unidade_piracicaba

ECOVITAL CENTRAL DE GERENCIAMENTO AMBIENTAL S.A

Unidade de Tratamento de Resíduos, inaugurada em 2014 a partir da Pesquisa e Desenvolvimento aliados a força do Grupo Queiroz Galvão e da ampla experiência da Vital Engenharia Ambiental. A EcoVital é a maior Usina de Incineração de resíduos industriais perigosos (Classe I), auxiliando a indústria no atendimento das orientações e diretrizes da PNRS.

Site: <https://www.ecovital.eco.br>

INCA – INCINERAÇÃO E CONTROLE AMBIENTAL LTDA

Além de serem referência no tratamento de resíduos a partir da incineração, a empresa INCA também oferece soluções como Gerenciamento de Resíduos e Consultoria para regularização de documentos ambientais, fornecendo assim o pacote completo para o atendimento ambiental.

Site: <http://www.incaincinerador.com.br>

INTERAÇÃO RESÍDUOS SP LTDA

O Grupo Interação possui duas unidades ativas, uma no Rio de Janeiro e outra no Estado de São Paulo (Araras). Posicionada como Gerenciadores de Resíduos possuem expertise em atender o segmento da Indústria Alimentícia, com crescimento notável nos últimos anos. Foram realizados investimentos no setor de logística reversa e economia circular com a Planta de Plásticos em Araras: realizam a compra, lavagem, Trituração, flake e extrusão do plástico para reinserção no mercado. Com a realização de coleta e transporte de resíduos, a logística torna-se essencial para se destacarem no mercado.

Site: <https://grupo-interacao.com>

IR NOVATEC AMBIENTAL EIRELI

Criada na década de 90, inicialmente atuando no seguimento de transporte e aluguel de equipamentos. Em 2004 ampliou suas atividades para transportes, coleta e disposição final de Resíduos, o que proporcionou a criação da área de negócios ambiental. Com atuação cada vez mais presente na implantação e operação de aterro Sanitário, além de forte presença no seguimento de consultoria, a empresa criou as unidades de negócio Coleta de Lixo Domiciliar, Ambiental, Rental e Engenharia.

Site: <https://www.irnovatec.com.br>

RCR REPRESENTAÇÕES E SERVIÇOS LTDA

Referência no serviço de dedutibilidade fiscal, a RCR vem se posicionando no mercado como Gerenciadora de Resíduos Sólidos, atuando como fornecedor principal para empresas que precisam de mão de obra especializada além da coleta e destinação de resíduos. Possui como CEO André Navarro, atuante nos principais eventos sobre o tema de logística reversa e economia circular.

Site: <https://rcrambiental.com.br>

RECOLIX RESÍDUOS INDUSTRIAS LTDA

Com mais de 20 anos no mercado de coleta, transporte e destinação de resíduos, a RECOLIX tem crescido nos últimos anos com o aumento do escopo do serviço, se posicionando como Gerenciador de Resíduos. Atualmente a empresa conseguiu autorização da CETESB para armazenamento temporário de resíduos classe I, voltando estrategicamente seu planejamento comercial para atuação nesta frente. A RECOLIX tem investido em tecnologia para melhorar a otimização de sua operação e da área comercial, apesar deste avanço, a renovação da frota é um ponto crucial para chegada ao sucesso.

Site: <https://recolix.com.br>

TERA AMBIENTAL LTDA

Localizada estrategicamente, a TERA AMBIENTAL está entre o interior e a capital, tornando-se a principal destinação para o tratamento de resíduos a partir da compostagem (resíduos sólidos orgânicos) e a partir do tratamento físico-químico (efluentes industriais). Pertencente ao grupo Operisan, a TERA AMBIENTAL possui alto potencial de crescimento, uma vez que as diretrizes da PNRS propõem a destinação alternativa dos resíduos orgânicos ao aterro sanitário.

Site: <https://www.teraambiental.com.br>

TGA TECH GESTÃO AMBIENTAL – EIRELI

Localizada no interior do Estado de São Paulo (Mogi Guaçu) a TGA TECH atua há mais de 10 anos no mercado como Gerenciador Total de Resíduos, tendo como referência a atuação no segmento de logística (ferroviária) e transportes. Recentemente ganhou concorrências importantes como a Raízen, realizando investimento na frota própria com caminhões tanque de 30 m³ e caminhões Romeu e Julieta para transporte de resíduos. A empresa apresenta abertura para investimentos tanto de frota quanto de tecnologia operacional.

Site: <http://www.tgatech.com.br>

REGIÃO NORTE

RESÍDUOS GERADOS NA ZONA FRANCA DE MANAUS

A Zona Franca de Manaus (ZFM), localizada na Região Norte do Brasil, é um importante Polo Industrial, criado com o objetivo de promover o desenvolvimento econômico da região amazônica e integrar o território nacional. A ZFM abriga uma diversidade de indústrias, incluindo eletrônicos, motocicletas, produtos de informática, eletrodomésticos e produtos de bens de consumo duráveis. No entanto, essa produção em larga escala gera uma quantidade considerável de resíduos industriais que precisam ser gerenciados adequadamente para evitar danos ao meio ambiente e à saúde pública [2].

Destaca-se que o principal gerador de resíduos na Região Norte é a Zona Franca de Manaus. A diversidade de indústrias presentes no local resulta em diferentes tipos de resíduos industriais, que podem ser classificados como:

a) Resíduos Sólidos Industriais (RSI)

Esses resíduos são originados durante o processo de produção e incluem:

- Resíduos eletrônicos - Manaus é um dos principais polos de produção de eletroeletrônicos do Brasil, como televisores, computadores e celulares. O descarte de componentes eletrônicos obsoletos, como placas de circuito, baterias e outros dispositivos, gera resíduos perigosos que contêm metais pesados, como mercúrio, chumbo e cádmio, além de plásticos e vidros.
- Sucatas metálicas - Resultantes da produção de motocicletas, eletrodomésticos e bens de consumo, que incluem resíduos de ferro, alumínio, cobre, entre outros metais;

- | Plásticos - Provenientes da fabricação de produtos eletrônicos, eletrodomésticos e embalagens, que são amplamente utilizados pela indústria;
- | Vidros - Utilizados em telas de eletrônicos e embalagens, gerando resíduos de difícil decomposição.

b) Resíduos Perigosos

Esses resíduos podem causar danos ao meio ambiente e à saúde humana se não forem tratados adequadamente. Na Zona Franca de Manaus, destacam-se:

- | Solventes e produtos químicos - Utilizados em processos industriais, como na fabricação de eletrônicos, podendo ser inflamáveis e tóxicos;
- | Óleos industriais e graxas: Provenientes de maquinários e processos de manutenção das fábricas;
- | Tintas e vernizes: Utilizados em acabamentos de produtos e embalagens, também categorizados como perigosos devido aos seus compostos químicos.

c) Resíduos Orgânicos e Comuns

Apesar de menor em relação aos resíduos industriais, a ZFM também gera resíduos orgânicos (sobras de alimentos, restos de madeira) e resíduos sólidos urbanos (papéis, plásticos, embalagens descartadas) nas áreas administrativas e refeitórios das indústrias.

O Polo Industrial de Manaus é responsável por mais da metade da riqueza gerada no estado, abrigando mais de 600 empresas classificadas no nível 3 (transição). Essas empresas estão em fase de adaptação para se alinharem às características da Indústria 4.0, com base em variáveis decisivas para essa transformação tecnológica.

Este é um tema de grande importância, especialmente devido à localização da região na Amazônia e à necessidade de equilibrar o desenvolvimento econômico com a preservação ambiental. Apesar do aumento dos debates sobre a proteção do meio ambiente e seus ecossistemas, bem como a assinatura de tratados e documentos ambientais internacionais, é amplamente conhecido que, de acordo com a Lei nº 12.305/2012 – Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), a empresa que gera resíduos é responsável por seu descarte final ambientalmente adequado, mesmo que terceirize essa responsabilidade.

Entre os critérios mínimos exigidos pela legislação estão: a descrição do empreendimento ou atividade; o diagnóstico dos resíduos sólidos gerados ou administrados, incluindo sua origem, volume e caracterização, além dos passivos ambientais relacionados aos resíduos gerados e a implementação de ações preventivas e corretivas em caso de gestão inadequada que gere um incidente ou acidente ambiental.

O tratamento desses resíduos sólidos pode ser definido de forma simples como uma sequência ordenada de procedimentos destinados a reduzir tanto a quantidade quanto a periculosidade dos resíduos. Isso pode ocorrer impedindo seu descarte inadequado ou transformando-os em materiais inertes ou biologicamente estáveis. As principais formas de tratamento de resíduos incluem reciclagem, incineração, coprocessamento, compostagem e aterros sanitários. É importante destacar que diversos fatores influenciam a quantidade e a gestão dos resíduos sólidos gerados em uma determinada empresa.

REGIÃO NORTE - EMPRESAS

AMAZÔNIA TRANSPORTE E LOGÍSTICA LTD

A Amazônia Transporte atua no segmento de transporte rodoviário de combustíveis e produtos betuminosos e aquaviário de combustíveis.

Site: <https://amazoniatransporte.com/>

CLEAN GESTÃO AMBIENTAL SERVICOS GERAIS EIRELI

Com 15 anos de atuação a CLEAN é uma empresa especializada em limpeza, tratamento e destinação final de resíduos.

Site: <http://www.cleanga.com.br/>

ECOMIX-MOAGEM E TRATAMENTO DE RESÍDUOS EIRELI

Empresa de incineração de resíduos industriais, varrição, classe 1, produtos recicláveis.

Site: <https://ecomix-moagem-e-tratamento-de-residuos/>

MFM SOLUÇÕES AMBIENTAIS E GESTÃO DE RESÍDUOS LTDA

Empresa voltada para o gerenciamento e destinação final de resíduos sólidos, atuando principalmente em Vilhena, em Cacoal, Ji-Paraná e Rondônia.

Site: <https://mfmambiental.com/mfm/>

PRESERVE COLETORA DE RESÍDUOS LTDA

A PRESERVE atua coletando, transportando, tratando e dando destinação final a resíduos urbanos, industriais ou domésticos, e de serviços de saúde. Sua sede está localizada em Tomé-Açu, mas a empresa realiza atividades em todo o estado do Pará, com crescimento expressivo dos negócios nos últimos anos.

Site: <https://www.preserveresiduos.com.br/>

REGIÃO NORDESTE - EMPRESAS

BIOTEC AMBIENTAL LTDA

Desde 1991 desenvolvendo projetos tecnológicos, fizeram da BIOTEC uma empresa atuante no fornecimento de soluções para as indústrias farmacêuticas, biotérios, centros de pesquisas e hospitais. A divisão APC (Air Pollution Control), é especializada em controle de poluição atmosférica, com sistemas através de Precipitadores Eletrostáticos, Filtros de Mangas, Ciclones, Lavador de Gás.

Site: <https://grupofoianesi.com.br/PT-BR/>

AMBIENTAL SOLUÇÕES LTDA

A Ambiental Soluções oferece serviços de consultoria nas áreas de licenciamento ambiental, florestal e industrial para empreendimentos de diversos ramos de atividade.

Site: <http://www.ambientalsolucoes.com.br/>

SUPRITECH SOLUÇÕES AMBIENTAIS LTDA

Grupo voltado para soluções corporativas com a prestação de serviços de limpeza e conservação, jardinagem, coleta de resíduos, transporte e destinação para unidades de tratamento.

Site: <https://gruposupritech.com.br/>

SANEAPE SOLUÇÕES AMBIENTAIS EIRELI

Desde 2004, a Saneape atua na área de coleta e transporte de resíduos sólidos, tanto no âmbito público quanto no privado. Estados de atuação: Pernambuco, Rio Grande do Norte, Paraíba e Alagoas.

Site: <http://saneape.com.br/>

CIANO SOLUÇÕES AMBIENTAIS EIRELI

Localizada em Maceió – AL, a CIANO realiza a prestação de serviços de gestão, coleta, transporte, tratamento e destinação final de resíduos comuns e perigosos voltada para o mercado privado e público. Com logística própria a empresa o tratamento de resíduos como Resíduos comuns (orgânico e rejeitos); Resíduos da construção civil; Resíduos industriais (Classe 1: Sólido); Resíduos industriais (Classe 2: Líquido); Tratamento de lâmpadas fluorescentes; Incineração de documentos; Limpeza de terrenos; Capinagem, poda e supressão de árvores; Coleta e descarte do óleo de caixa separadora (Crunch Oil); Consultoria ambiental.

Site: <http://www.ciano.tecnologia.ws/>

REGIÃO CENTRO-OESTE

RESÍDUOS GERADOS NO AGRONEGÓCIO

O agronegócio na Região Centro-Oeste do Brasil, que abrange os Estados de Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e o Distrito Federal, é uma das principais atividades econômicas do país.

A vasta produção de soja, milho, algodão, carne bovina e outros produtos agrícolas e pecuários impulsiona a economia local e nacional. No entanto, essa produção em larga escala também gera uma quantidade significativa de resíduos que precisam ser adequadamente gerenciados para minimizar impactos ambientais e promover a sustentabilidade [2].

Os principais tipos de resíduos gerados no setor do agronegócio incluem:

1. Resíduos agrícolas - restos de culturas, como palha, cascas e folhas, que podem ser utilizados para compostagem ou como cobertura do solo;
2. Resíduos pecuários - dejetos animais, como esterco e urina, que podem contaminar solos e corpos d'água se não forem tratados corretamente. O manejo adequado pode resultar em biogás ou fertilizantes orgânicos;
3. Resíduos de agroindústrias - subprodutos e rejeitos de processamento de alimentos, como bagaço de cana, cascas de grãos e resíduos de laticínios. Muitas vezes, esses resíduos podem ser reciclados ou utilizados na produção de energia;
4. Resíduos químicos - restos de agrotóxicos e produtos químicos utilizados na agricultura, que necessitam de destinação especial para evitar contaminação do solo e da água;
5. Resíduos da mecanização - óleos e lubrificantes usados em máquinas agrícolas,
6. que requerem cuidados na sua destinação;
7. Plásticos e embalagens - utilizados na armazenagem e transporte de produtos agrícolas, que representam um desafio significativo de gerenciamento de resíduos.

O Brasil possui o Sistema Campo Limpo, que promove a logística reversa dessas embalagens, mas o controle e adesão ao sistema ainda enfrentam desafios. O sistema mencionado foi desenvolvido pelos agricultores, indústrias fabricantes, canais de distribuição e pelo poder público brasileiro com o objetivo de promover o descarte adequado das embalagens de produtos agrícolas, especialmente aquelas que são nocivas ao meio ambiente.

REGIÃO CENTRO-OESTE-EMPRESAS

COLECTA RECICLAGEM E GESTÃO PLENA DE RESÍDUOS S/A

Empresa de gerenciamento de resíduos classe I e II. Realizam compra de recicláveis seja da indústria ou pós consumo.

Site: <https://colecta.eco.br/>.

ECOBLENDING AMBIENTAL LTDA

Fundada em 2006 para atendimento à Intercement, a ECOBLENDING se posiciona como empresa de soluções ambientais para os serviços de gerenciamento, reaproveitamento, tratamento e destinação ambientalmente adequadas para cada tipo de resíduo industrial. Serviços: Coprocessamento, landfarming, valorização de resíduos, aterro classe I e II, certificação ambiental.

Site: <https://www.ecoblending.com.br>.

GREEN AMBIENTAL EIRELI

A Green Ambiental trabalha na coleta de resíduos de saúde desde 2010. Hoje atendem todos os municípios da Grande Florianópolis, São José Palhoça, Santo Amaro, Biguaçu, Águas Mornas e Tijucas.

Site: <http://www.greenambiental.com.br/>.

MORHENNA COLETA E ENGENHARIA AMBIENTAL LTDA.

O Grupo Morhena atua nos setores de limpeza, coleta e logística. Trabalha com a terceirização de multiserviços; com coleta, transporte, tratamento e destinação final de resíduos sólidos; engenharia, logística ambiental e locação de máquinas e equipamentos para limpeza predial e urbana. Fundado em 1979, o grupo possui em seu quadro de profissionais cerca de 3.000 colaboradores, atuando em mais de 260 municípios espalhados em todo Brasil.

Site: <https://morhena.com.br/>.

OCA AMBIENTAL LTDA

A OCA AMBIENTAL é uma empresa estabelecida no município de Dourados, polo da região Sul do Mato Grosso do Sul, surgiu com o intuito de gerenciar e executar o acondicionamento, coleta, transporte, tratamento e disposição final dos resíduos sólidos.

Site: <https://www.ocaambiental.com.br/>.

SEGER SERVIÇO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SPE LTDA

Foi constituída em 17 de dezembro de 2015 e é a empresa responsável pela coleta, transporte e disposição final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e comerciais classe II. Os principais serviços prestados pela SEGER são: Coleta e Transporte de Resíduos Sólidos Domiciliares e Comerciais Classe II A em 100% da área urbana de Rondonópolis/MT, Coleta e Transporte de Materiais Recicláveis - Coleta Seletiva; Coordenação de UTR - Usina de Triagem de Resíduos; Operação e Manutenção do Aterro Sanitário.

Site: <https://seger.eco/#>

SOL BRASIL SOLUÇÕES AMBIENTAIS LTDA

Empresa de solução ambiental que atua com pequenos e grandes geradores, desde privado a público. Serviços realizados: Limpeza Pública, Construção Civil, Consultoria e Licenciamento Ambiental, Gerenciamento de Resíduos Perigosos, Manufatura Reversa de Eletrônicos, Reciclagem.

Site: <http://solbrasilambiental.com.br/>.

UNIPAV ENGENHARIA LTDA

Localizada em Corumbatá – MS, a Unipav realiza a prestação de serviços de coleta e transporte de resíduos sólidos, industrial, domiciliares e de saúde, limpeza pública e construção de obras.

Site: <http://www.unipav.com.br/index.html>.

Diante do levantamento realizado das Empresas de Gerenciamento de Resíduos por regiões do Brasil, ressalta-se o protagonismo das empresas da Região Sudeste, uma vez que o maior número de empresas situam-se nessa região do país. Contudo, devido à importância da Indústria do Agronegócio e do estabelecimento da Zona Franca de Manaus nas Regiões, respectivamente, Centro Oeste e Norte do Brasil, as empresas dessas regiões também apresentam destaque no cenário nacional.

CONCLUSÕES

Este trabalho consolida o estudo que foi realizado para identificar e priorizar as empresas mais interessantes na área de gerenciamento de resíduos nas cinco regiões do Brasil.

A metodologia utilizada permitiu listar, senão todas, a maior parte das empresas que atuam direta ou indiretamente no segmento eleito.

Apesar dos avanços, a gestão de resíduos na Zona Franca de Manaus ainda enfrenta desafios, como a falta de infraestrutura adequada para coleta e reciclagem, além da necessidade de políticas de sustentabilidade mais eficazes. A implementação de práticas que visem à minimização da geração de resíduos sólidos, à reutilização, à reciclagem e à economia circular torna-se cada vez mais essencial para reduzir o impacto ambiental causado pela má gestão e pelo descarte inadequado de resíduos sólidos.

O gerenciamento adequado dos resíduos gerados pelo agronegócio na Região Centro-Oeste é uma questão estratégica tanto para a sustentabilidade ambiental quanto para a competitividade do setor. A implementação de tecnologias de reaproveitamento e a adoção de boas práticas são passos fundamentais para mitigar os impactos negativos e criar uma produção agrícola e pecuária mais sustentável.

No TRABALHO 4 - Considerações Técnicas - algumas empresas foram sublinhadas e contempladas com informações complementares.

Ficou claro que existem inúmeras ótimas empresas na área de gerenciamento de resíduos, mas ainda há muito potencial a ser explorado.

REFERÊNCIAS

- [1] AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES. Resolução ANTT 420, Instruções Complementares ao Regulamento do Transporte Terrestre de Produtos Perigosos. Ministério dos Transportes. Brasília. 2004. 774 p.
- [2] IBAM - Instituto Brasileiro de Administração Municipal. Disponível em: <https://www.ibam.org.br/>. Acesso em: 02 de julho de 2024.
- [3] INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA: IBGE - CNAE, 2024. [atualizado em junho de 2024, acesso em junho de 2024]. Disponível em: <https://concla.ibge.gov.br/images/concla/documentacao>.