



III- 827 - CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E POTENCIAL ECONÔMICO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES EM UM MUNICÍPIO DE PEQUENO PORTE NA AMAZÔNIA LEGAL

Amanda Estefânia de Melo Ferreira ⁽¹⁾

Professora da Universidade Federal do Oeste do Pará, Doutora em Ciências Ambientais, líder do Grupo de Estudos e atividades Socioambientais – GEASA.

Ydenek Castro de Oliveira ⁽²⁾

Engenheiro Sanitarista e Ambiental, Discente do Mestrado Profissional em Processo Construtivo e Saneamento Urbano - UFPA, Secretário de Meio Ambiente de Belterra, membro do GEASA.

Igor Sousa de Sousa ⁽³⁾

Engenheiro Sanitarista e Ambiental, Bacharel em Ciências e Tecnologias das Águas, membro do GEASA.

Endereço ⁽¹⁾: Rua Vera Paz, s/n (Unidade Tapajós) Bairro Salé, Bloco Modular Tapajós I, Sala 303, CEP 68040-255, Santarém, Pará, Brasil. E-mail: amanda.ferreira@ufopa.edu.br

RESUMO

Os resíduos sólidos quando descartados incorretamente trazem socioambientais negativos, com isso, são discutidas medidas de gerenciamento para mitigar a problemática, através de estudos que possam contribuir para definição de estratégias de gestão integrada dos resíduos que respeite aspectos técnicos e operacionais para cada região do País. Deste modo, esse artigo objetivou realizar a caracterização física de resíduos sólidos domiciliares no município de Belterra – PA, um município de pequeno porte na Amazônia Legal. Este artigo apresenta como objetivos específicos: (i) realizar caracterização gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos; calcular o peso específico de resíduos sólidos urbanos; (iii) avaliar o potencial de reciclabilidade dos resíduos destinados ao lixo no município de Belterra - PA. Trata-se de uma pesquisa do tipo exploratória, com a realização de pesquisa de campo. Metodologias de campo e de cálculo específica para o diagnóstico de resíduos sólidos foram utilizadas para esse estudo. Os resultados da pesquisa apontam que a composição gravimétrica concentra 37,97% de matéria orgânica, 23,48% de plástico, 6,65% de papel, 3,11% de vidro, 1,42% de metal e rejeito 19,19%. O peso específico médio identificado foi igual a 160,72 kg/m³. As projeções financeiras de ganho com a venda de recicláveis (plástico, papel e papelão, metal e vidro) para o município estudado, apontam um ganho anual igual a R\$ 835.787,37, com maior contribuição para a venda de plásticos com R\$ 630.069,96 e metal com R\$ 112.688,00. Apontando um potencial econômico, gerando renda e fortalecendo a economia local.

PALAVRAS-CHAVE: Gestão de Resíduos, gravimetria de resíduos, resíduos sólidos urbanos, Amazônia Brasileira.

INTRODUÇÃO

O aumento na geração de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) tem trazido problemas socioambientais (GOUVEIA, 2020). Buscando a resolução destes, foi promulgada a Lei nº 12.305/2010, referente a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), elencando um conjunto de princípios, objetivos, diretrizes, instrumentos para a gestão integrada dos resíduos sólidos (BRASIL, 2010).

No entanto, poucos são os avanços observados, sobretudo no Estado do Pará (Ferreira et al, 2021). Investimentos em pesquisas voltadas para resíduos sólidos, são primordiais para celeridade de projetos adequados para cada região. Especialmente para Amazônia, em função aspectos intrínsecos, como características socioeconômicas, culturais e ambientais, necessitando de redobrada para gestão e gerenciamento de RSU.

Municípios de pequeno porte podem funcionar como cenário exemplar para a gestão de RSU, por possuírem baixa população, geração e complexidade de resíduos. Os municípios de pequeno porte podem variar como Pequeno Porte I e II, possuindo populações de até 20 e 50 mil habitantes respectivamente. Na Amazônia legal, 86,9% dos municípios (IBGE, 2022) possuem população de inferior a 50 mil habitantes. Assim, justifica-se a



realização de estudos como propulsor para a implementação de políticas públicas em gestão de resíduos no cenário local.

Estudos de caracterização dos resíduos sólidos gerados são parte fundamental para o planejamento. Os resíduos sólidos podem ser caracterizados de diferentes formas: características químicas, físicas, biológicas; periculosidade, dentre outras. A caracterização física é a mais utilizada em pesquisas técnico-científicas, principalmente quanto a gravimetria e peso específico, permitindo identificar a proporção de resíduos de acordo com a classe, potencial econômico, viabilidade de cada tipo de tratamento e dimensionamento de aterros sanitários.

Apesar do grande potencial de reciclagem, no Brasil ainda há poucos municípios que possuem coleta seletiva. Parte dessa baixa adesão à reciclagem de resíduos, está o desconhecimento da proporção de resíduos recicláveis gerados e principalmente da viabilidade econômica da implementação da coleta seletiva. De acordo com o Plano Nacional de Resíduos (Brasil, 2022), 77,5% dos resíduos gerados no Brasil são facilmente recicláveis (está nessa proporção: papel e papelão, plástico, metal, vidro e matéria orgânica). Reis e Pontes (2019) destacam a viabilidade econômico e os benefícios ambientais da reciclagem no Brasil.

Pesquisas que busquem reforçar e conhecer a características dos resíduos sólidos em municípios de pequeno porte na Amazônia, podem auxiliar esse amplo espectro de municípios em grande diversidade de características socioambientais, geográficas e desafios administrativos nas tomadas de decisões assertivas. Deste modo, esse artigo objetivou realizar a caracterização física de resíduos sólidos domiciliares no município de Belterra – PA, um município de pequeno porte na Amazônia Legal. Este artigo apresenta como objetivos específicos: (i) realizar caracterização gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos; calcular o peso específico de resíduos sólidos urbanos; (iii) avaliar o potencial de reciclabilidade dos resíduos destinados ao lixão no município de Belterra - PA.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido em Belterra - PA, com população é estimada é de 18.099 habitantes (IBGE, 2022). O trabalho de campo aconteceu no período de 07 a 11/06/2021 (nos dias de coleta regular no município, de segunda a sexta-feira). A triagem e caracterização de resíduos foram realizadas sempre ao final da rota de coleta pública de resíduos sólidos urbanos (RSU) municipal, exceto na terça-feira, em função de forte chuva durante a coleta, optou-se por excluir esse dia para que a umidade dos resíduos não intervisse nos resultados.

A amostragem foi realizada a partir do montante diário de coleta (aproximadamente 8 toneladas), utilizando a técnica de quarteamento, conforme descrito pela ABNT 10.007, 2004, até alcançar um volume de resíduos suficiente e representativa para a realização do estudo, conforme metodologia descrita por Frescá (2007). Os Os resíduos da coleta diária foram dispostos em cima de uma lona plástica, onde os resíduos volumosos foram registrados e retirados, posteriormente as sacolas plásticas foram rompidas e os resíduos misturados para obtenção de uma amostra homogênea (processo 01 – Figura 1). No processo 02, os resíduos foram separados em quatro partes e dois quartis diametralmente opostos entre si foram descartados (processo 03). Os processos 02 e 03 foram realizados até se obter uma amostra suficiente para análises de municípios (a partir de 91 kg). Posteriormente para cálculo de peso específico, cada amostra foi pesada em recipientes de capacidade de 250 litros (0,25m³) até a borda e sem exercer compressão (processo 04). Para o estudo de gravimetria foi realizada a separação de materiais aconteceu de acordo com o interesse da pesquisa (papel, papelão, metal, vidro, matéria orgânica, têxteis, logística reversa, isopor, embalagens multicamadas, rejeitos). Sequencialmente foi realizada a pesagem de cada material (processo 05).

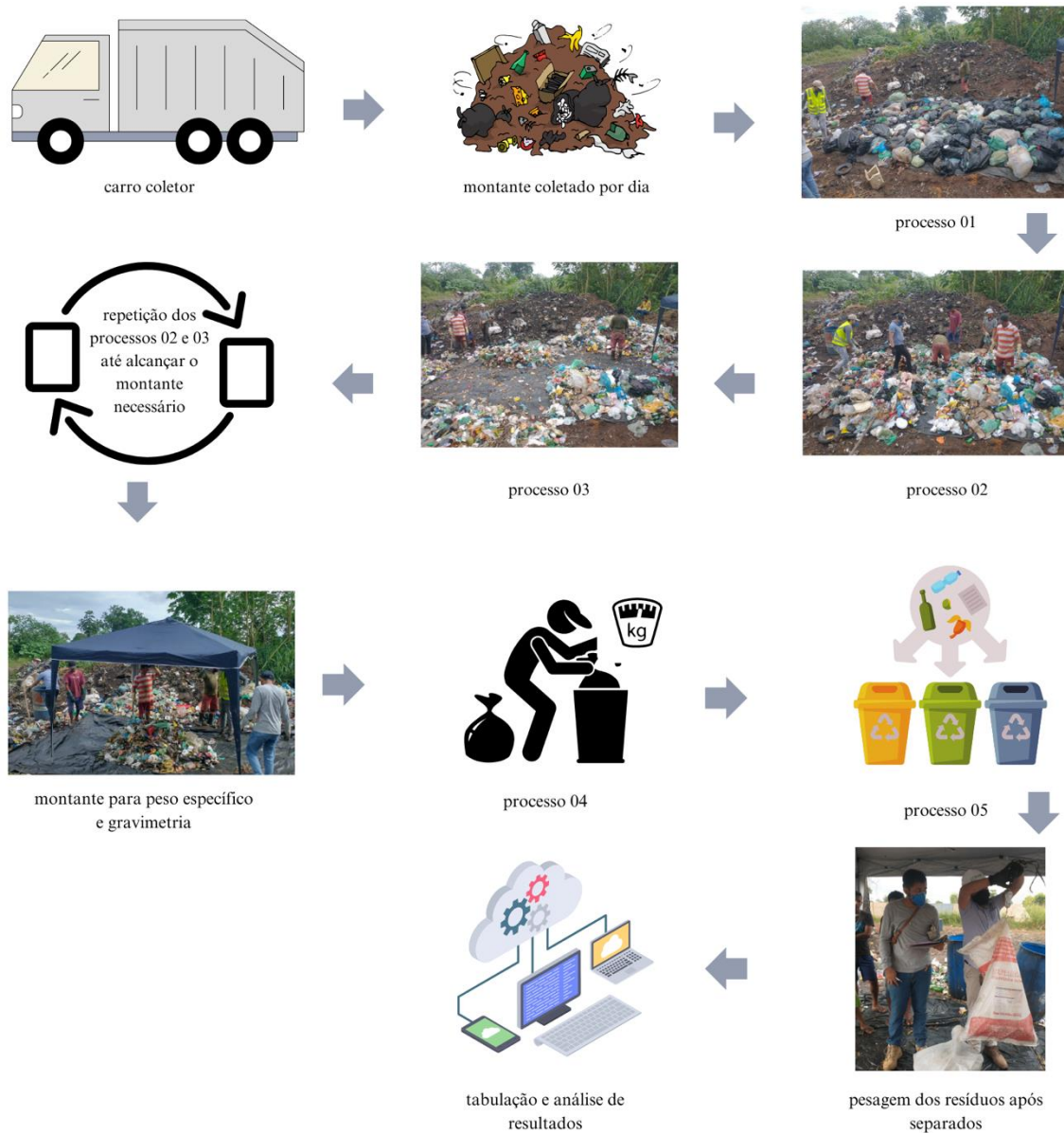


Figura 1: Ilustração do processo metodológico utilizado no estudo.

Para o cálculo de peso específico foram aplicadas as equações 1 e 2.

$$PM = PT - PR \tag{1}$$

onde,

P M = peso do material (kg)

P T = peso total (kg)

P R = peso do recipiente (kg)

Vale destacar que para aplicação da equação (1) precisou-se somar os pesos do total dos resíduos em todos os recipientes que foram preenchidos (por completo) em um dia, subtraindo pelo peso dos recipientes utilizados (cada recipiente pesava 8,83 kg). Em seguida foi aplicada a equação (2) onde o peso específico (ou densidade



do material - DM) é calculado, dividindo-se o do material (PM) dos resíduos que ocupou dentro de cada recipiente pelo volume dos recipientes (VR) ocupados (em m³), que pode ser mensurado através da equação (2) apresentada por Barros (2012).

$$DM = \frac{PM}{VR} \quad (2)$$

Para o cálculo de composição gravimétrica, usando a somatória do peso de cada material ($\sum PCM$) e somatória dos pesos de todos os materiais ($\sum PM$) a para os quatro dias amostrados, aplicou-se a fórmula da equação (3):

$$\% \text{ material} = \frac{\sum PCM \times 100}{\sum PM} \quad (3)$$

Com base nos resultados obtidos a composição gravimétrica, foi realizado projeções de ganhos financeiro por ano baseado no estudo de Feitosa et al. (2017). Utilizou-se ainda a estimada uma quantidade de resíduos coletada por dia igual a 8 toneladas (T) e considerou-se a quantidade de dias uteis para o ano de 2024, igual a 256 dias, totalizando 2.048 T/ano. Para estimativa, usou-se valor médio pago pelo Kg de cada material para a região Norte para o ano de 2023 (Instituto Pragma, 2023). Especialmente para os metais, usou-se o valor de outros metais, uma vez que na amostragem, não houve diferenciação entre os tipos de metais.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A composição gravimétrica dos resíduos sólidos, diz respeito ao percentual da massa de cada componente (material ou categoria) em relação à massa total. Neste sentido, de acordo com os dados coletados, nota-se que a matéria orgânica, composta por sobras e perdas de alimentos e resíduos verdes, compõem a maior proporção de resíduos dentre os RSU gerados em Belterra, com 37,97% (Figura 1).

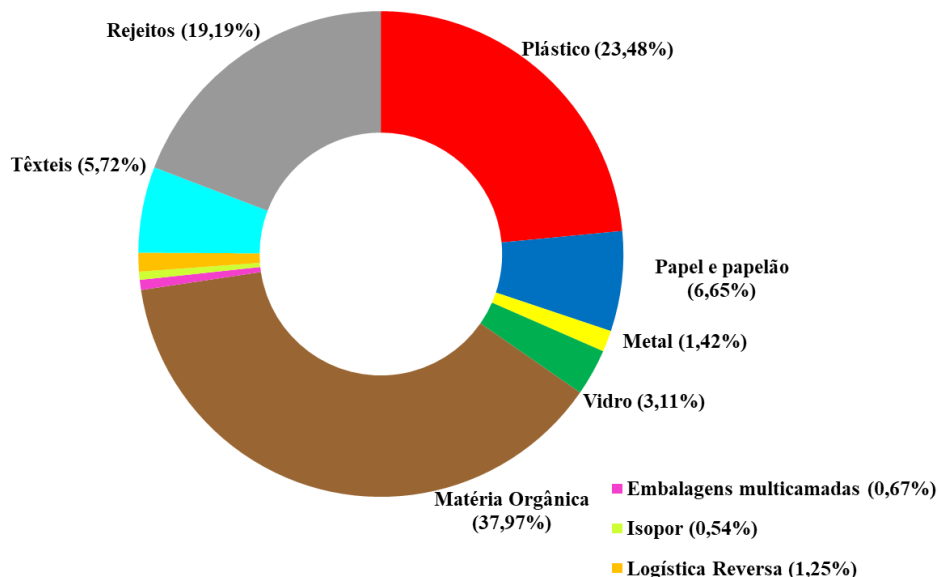


Figura 2: Composição gravimétrica dos resíduos sólidos domiciliares de Belterra – PA.

Os resíduos recicláveis secos, somam 35,33%, sendo composto pelos resíduos plásticos (23,48%), papel e papelão (6,65%), vidro (3,11%), metal (1,42%) e embalagens multicamadas (0,67%). Outros resíduos representam os resíduos não recicláveis ou de difícil reciclabilidade, dentre eles os resíduos de logística reversa (1,25%), isopor (0,54%), têxteis (5,72%), e rejeitos (19,19%), somando 29,70%.

Os dados encontrados para o município em estudo, seguem o mesmo padrão da composição gravimétrica de Resíduos no País (Brasil, 2022), com maior proporção de matéria orgânica (Brasil = 45,30% e Belterra = 37,97%), no entanto, para Belterra a menor proporção de matéria orgânica pode indicar um menor índice de desperdício de alimentos na região, fatores que podem estar ligados a fatores socioeconômicos.

Dados similares foram encontrados para um estudo realizado na Ilha de Cotijuba, distrito da cidade de Belém, com geração de matéria orgânica igual a 38,00%, seguido do plástico, com 18,00% da fração, quantidade inferior a identificada em Belterra (FIEL, et al., 2021).

A composição gravimétrica e quantidade de resíduos sólidos gerados podem sofrer influência de múltiplos fatores, tais como renda *percapita*, IDH, nível educacional, densidade demográfica, hábitos, costumes e cultura de uma população (PEREIRA-NETO, 2007). Sabe-se que os hábitos culturais variam entre as regiões do País. Na Amazônia, a relação com o meio natural é bastante intensa, podendo influenciar na menor geração de resíduos, bem como nas diferentes características dos resíduos gerados. Além disso, fatores como renda e IDH devem ser considerados dentro de um parâmetro de comparação para geração de resíduos sólidos.

Quanto ao peso específico dos resíduos sólidos urbanos de Belterra, os resultados para o período estudado, variaram entre 122,34 e 228,10 kg/m³ (resultados mínimo e máximo identificados para os dias estudados), com peso específico médio igual a 160,72 kg/m³. Em uma pesquisa realizada em 2012, o peso específico de resíduos do município de Apuí - AM teve como resultado 230 kg/m³, incluindo resíduos domiciliares e comerciais (SANTOS et al., 2013), em Jaú - SP, o peso específico de dois bairros ficou na média de 136,2 kg/km³ (REZENDE, et al., 2013). Dessa forma, o peso específico do município de Belterra sendo igual a 160,72 kg/m³, apresenta-se como um valor intermediário sendo representativo do peso específico identificado em outros estudos no País. Vale destacar, que o peso específico de resíduos é um dado essencial para o planejamento no gerenciamento e destinação final de resíduos sólidos urbanos, sendo utilizado para dimensionamento de lixeiras, coleta e áreas de disposição final (BARROS, 2012).

As projeções financeiras de ganho com a venda de recicláveis (plástico, papel e papelão, metal e vidro) para o município estudado, apontam um ganho anual igual a R\$ 835.787,37, com maior contribuição para a venda de plásticos com R\$ 630.069,96 e metal com R\$ 112.688,00 (tabela 01).

Tabela 1: Projeções financeiras de ganho com a venda de resíduos recicláveis para o município de Belterra - PA

Resíduos/ material	Proporção na composição gravimétrica (%)	Resíduos coletados por dia (T)	Resíduos coletados por ano (T)	Resíduos coletados por ano (kg)	Valor pago pelo material (R\$/kg)	Valor arrecadado por ano (R\$)
Plástico	23,48	1,88	480,97	480.969,44	1,31	630.069,96
Papel e papelão	6,65	0,53	136,24	136.235,10	0,44	59.943,44
Metal	1,42	0,11	29,04	290.43,30	3,88	112.688,00
Vidro	3,11	0,25	63,63	63.626,85	0,52	33.085,96
Total	34,66	2,77	709,87	709.874,69	-	835.787,37

Fonte: autores (2024).

Os resíduos facilmente recicláveis (secos e úmidos) em Belterra, representam 73,30% do total de RSU gerados, com destaque para o plástico (23,48%), o papel e papelão (6,65%), o metal (1,42%), e o vidro (3,11%) que podem representar uma receita de R\$ 835.787,37 em um ano para o município, valores que poderiam ser aportados fortalecimento de um programa de coleta seletiva, construção de galpão de triagem e fortalecimento das cooperativas locais, atendendo assim, muitos dos objetivos apontados na PNRS (Brasil, 2010). Além disso, um município de pequeno porte como Belterra, poderia ser um modelo de implementação de coleta seletiva, com segregação de resíduos na fonte geradora (BARROS, 2012), diminuindo a contaminação e periculosidade de materiais e aumentando as chances de reciclagem de materiais.



SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO
DE ENGENHARIA SANITÁRIA
E AMBIENTAL



No município a quantidade de matéria orgânica é a mais expressiva necessitando atenção em tratamento a esse resíduo, seja por ocupar mais espaços na célula de aterro sanitário (ZAGO; BARROS, 2019) ou pela elevada liberação de chorume e metais pesados desses resíduos ao ambiente. A compostagem nos domicílios, apresenta-se como uma alternativa eficiente para tal situação, principalmente pelo fato de que Belterra apresenta casas com grandes quintais urbanos, mas para que ocorra de forma eficiente é necessário a segregação do resíduo orgânico na fonte geradora, evitando que misture com outros tipos de resíduos comprometendo a qualidade do produto final.

Sabe-se que os recicláveis que vão para lixões induzem a uma perda de R\$ 14 bilhões anualmente, uma perda econômica significativa para o país que poderiam gerar receita e renda para uma camada de população que trabalha com essa atividade (ABRELPE, 2020). No Brasil, apenas 4% dos resíduos sólidos são destinados para a reciclagem, destoando de países de mesma faixa de renda e grau de desenvolvimento econômico, como Chile, Argentina, África do Sul e Turquia, que apresentam média de 16% de reciclagem (ABRELPE, 2020).

Em um estudo econômico-financeiro realizado recentemente para o município de Juruti, também localizado no Oeste do Estado do Pará, considerando a geração e composição gravimétrica de resíduos apontada no Plano Municipal de Saneamento Básico do Município, revelou que a implementação de uma Unidade de Triagem de Resíduos e Compostagem é altamente lucrativa e viável tanto do ponto de vista técnico quanto econômico, sendo que os benefícios ambientais e sociais derivados superam os custos associados à implantação e operação (SCHERER, 2023).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados dessa pesquisa enfatizam a necessidade e possibilidade de avanços na gestão de resíduos para uma cidade de pequeno porte na Amazônia, podendo transformá-la em exemplo para outros municípios da região. Bem como a metodologia mostrou-se eficiente e facilmente replicável para outros municípios de pequeno porte.

Investimentos em reciclagem e tratamento de resíduos orgânicos em pequenos municípios da Amazônia se mostram como alternativas viáveis, principalmente se considerarmos as condições geográficas e ambientais, onde a ausência de estradas e infraestrutura de escoamento dificultam a logística de reciclagem de resíduos para outras regiões. Assim como, a vulnerabilidade ambiental, dada pela alta permeabilidade de solo (grande parte arenosos) e grande disponibilidade e afloramento de recursos hídricos, coloca essa região em vias de prioridade para instalação de áreas de disposição ambientalmente adequadas, a fim de minimizar os impactos ambientais.

Além disso, tais investimentos proporcionariam ao município, melhoria indireta de questões sociais, econômicas e ambientais, contribuindo em com pelo menos três dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS): objetivo 6 - Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todas e todos; Objetivo 11 - Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis; Objetivo 12 - Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis, onde trazem metas para a reciclagem, redução de impacto ambiental negativo e gestão dos resíduos municipais. Podendo ser ainda um ponto de avanço para a Política Nacional de Resíduos Sólidos no Município, no que diz respeito à reciclagem, tratamento e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, incentivo à indústria da reciclagem, acordos setoriais, inclusão socioprodutiva dos catadores de materiais recicláveis e gestão integrada de resíduos sólidos.

Vale destacar, a necessidade de investimentos em programas de educação ambiental continuada para o bom funcionamento de sistemas de gestão de resíduos no município, assim como na contratação de corpo técnico capacitado e investimento nos sistemas de gestão e gerenciamento adaptados às realidades locais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). (2020) Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil – 2020. São Paulo: ABRELPE.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). (2004) NBR 10007: Amostragem de resíduos. Rio de Janeiro: ABNT.
3. BARROS, R.T.V. (2012) Elementos de Gestão de Resíduos Sólidos. Belo Horizonte: Tessitura. 424 p.



4. BRASIL. Lei 12.305, de 02 de agosto de 2010. Dispõe a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 3 de ago. 2010.
5. BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Qualidade Ambiental. Plano Nacional de Resíduos Sólidos - Planares [recurso eletrônico] /coord. FRANA, A. L. F. [et. al.]. – Brasília, DF: MMA, 2022.
6. FEITOSA, A.K et al. *Estimativa de ganho econômico com material reciclável a partir de resíduos sólidos domiciliares. Educação ambiental em ação*. ISSN 1678-0701 Número 62, Ano XVI. Dezembro-2017/Fevereiro2018.
7. FERREIRA, A. E. de M et al. Política Nacional de Resíduos Sólidos e os 10 anos de sua implementação no Estado do Pará. Em Interfaces socioambientais no antropoceno: “cenário atual e perspectivas futuras para a pesquisa e extensão em resíduos sólidos no Estado do Pará”, 10-33. 1ª Edição. Org. FERREIRA, A. E. de M et al., Santarém, Pará: UFOPA, 2021.
8. FIEL, L.C, et al. *Análise da composição gravimétrica dos resíduos sólidos gerados na Ilha de Cotijuba em Belém – PA. Research, Society and Development*, v. 10, n. 12, e435101220724, 2021 (CC BY 4.0) | ISSN 2525-3409 | DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i12.20724>
9. FRÉSCA, F.R.C (2007). Estudo de geração de resíduos sólidos domiciliares no município de São Carlos, SP, a partir da caracterização física. Dissertação de mestrado. Escola de engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. 2007.
10. GOUVEIA, N. *Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. Ciência & Saúde Coletiva*, 17(6):1503-1510, 2012
11. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censo demográfico, 2022. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/home/pnadct/brasil>. Acesso em: 28 de fev. 2024.
12. INSTITUTO PRAGMA. Anuário da Reciclagem 2022. Brasília – DF, 2022. Disponível em: https://drive.google.com/file/d/1nclGREjoOpyRjKSy4nyyA_F5EVaSCSVM/view. Acesso em: 01 de março de 2024.
13. PEREIRA NETO, J. T. Gerenciamento de lixo: aspectos técnicos e operacionais. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2007.
14. REIS, A. C. M.; PONTES, A.N. *Resíduos sólidos urbanos no Brasil a reciclagem no contexto da sustentabilidade. Observatorio de la Economía Latinoamericana*, N°. 11 (Noviembre), 2019.
15. REZENDE, J.; CARBONI, M.; MURGEL, M.; CAPPS, A. L.; TEIXEIRA, H.; SIMÕES, G.; RUSSI, R.; LOURENÇO, B.; OLIVEIRA, C.A. *Composição gravimétrica e peso específico dos resíduos sólidos urbanos em Jaú (SP). Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 18, n. 1, p. 1-8, 2013.
16. SANTOS, A. A, PEIXOTO et al. *Caracterização quantitativa e qualitativa dos resíduos sólidos urbanos do município de Apuí-am. Revista EDUCamazônia - Educação Sociedade e Meio Ambiente*, Humaitá, LAPESAM/GISREA/UFAM/CNPq/EDUA - ISSN 1983-3423. Ano 6, Vol X, Número 1, Jun-Jul, 2013, Pág. 49-58.
17. SCHERER, L. C. Usina de triagem e compostagem: um estudo de viabilidade técnica e econômica para o Município de Juruti, Estado do Pará. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal do Oeste do Pará, Instituto de Ciências e Tecnologia das Águas, Curso Bacharelado em Engenharia Sanitária e Ambiental, Santarém – PA, 60 p., 2023.