

CURITIBA/PR - 05 a 07 de Maio de 2026



DESAFIOS DA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS E SUA RELAÇÃO COM AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS: UMA PERSPECTIVA DA AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA PARA MITIGAÇÃO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS – ESTUDO DE CASO JOÃO PESSOA/PB

DOI: <http://dx.doi.org/10.55449/conresol.9.26.I-030>

Lucas Araujo Abreu, Alanna Diniz Macedo, Claudia Coutinho Nobrega
Universidade Federal da Paraíba.

RESUMO

Torna-se cada vez mais necessária a busca por novos modelos de gerenciamento de resíduos sólidos que promovam a redução do impacto ambiental, preservem o meio ambiente e integrem os aspectos ambientais, sociais e econômicos para a promoção da gestão eficiente. A avaliação do Ciclo de Vida (ACV) é uma das ferramentas mais estudadas para análise de cenários ambientais que promovam a sustentabilidade, identificando fraquezas e potencialidades nos modelos de gestão atuais e auxiliando na tomada de decisão de processos eficientes. A metodologia foi utilizada com o objetivo de avaliar possíveis tratamentos e disposição final de resíduos sólidos urbanos para o município de João Pessoa/PB, a fim de mitigar gases de efeito estufa (GEE). Foram estudados 03 cenários, sendo o cenário 01, o modelo de gerenciamento atual do município e os demais tiveram o incremento de novas tecnologias de tratamentos e aumento das taxas de reciclagem e compostagem conforme previsto no Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de João Pessoa. Os resultados apontam que a reciclagem é uma tecnologia fundamental para a redução das emissões de GEE e com o incremento da compostagem combinadas à geração de energia e combustíveis renováveis tem a capacidade de minimizar impactos ambientais e contribuir para a redução de emissões desses poluentes. Diante disto, a ACV se apresenta como uma ferramenta viável para as análises que norteiam as tomadas de decisões, contribuindo para a sustentabilidade. Além do mais, é avaliado que o incremento de diferentes técnicas de tratamento como reciclagem, compostagem, incineração e aterro sanitário possibilitam melhor tratamento dos resíduos e redução de significativo impacto ambiental, como o aquecimento global.

PALAVRAS-CHAVE: Gases de Efeito Estufa, Reciclagem, Impacto Ambiental

ABSTRACT

It has become increasingly necessary the search for new models of solid waste management to promote the reduction of environmental impact, preserve the environment and integrate environmental, social and economic aspects for the promotion of efficient management. Life Cycle Assessment (LCA) is one of the most studied tools for the analysis of environmental scenarios that promote sustainability, identifying weaknesses and strengths in current management models and assisting in the decision making of efficient processes. The methodology was used with the objective of evaluating possible treatments and final disposal of urban solid waste for the municipality of João Pessoa/PB, in order to mitigate greenhouse gases (GHG). Three scenarios were studied, scenario 01 being the current management model of the municipality and the others had the increment of new treatment technologies and increase of recycling and composting rates as foreseen in the Municipal Plan for Integrated Management of Solid Waste of João Pessoa. The results indicate that recycling is a key technology for the reduction of pollutant emissions and with the increase of composting combined with the generation of energy and renewable fuels has the ability to minimize environmental impacts and contribute to the reduction of emissions of these pollutants. In view of this, LCA presents itself as a viable tool for analysis that guides decision making, contributing to sustainability. Moreover, it is evaluated that the increase of different treatment techniques such as recycling, composting, incineration, and landfill, enables better waste treatment and reduction of significant environmental impact, such as global warming.

KEY WORDS: Greenhouse Gases, Recycling, environmental impact.



CURITIBA/PR - 05 a 07 de Maio de 2026

9º CONRESOL

9º Congresso Sul-Americano
de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade



INTRODUÇÃO

O gerenciamento de resíduos sólidos urbanos (RSU) vem ganhando maior visibilidade na agenda de sustentabilidade global. Este fato decorre da preocupação que os impactos de toda a cadeia de produção dos resíduos sólidos causa ao meio ambiente. (CUNHA, 2021).

Conforme apresentado pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais - ABRELPE, o Brasil produziu 81,8 milhões de toneladas de resíduos sólidos durante o ano de 2022, sendo que apenas 61% dos municípios brasileiros possuem uma destinação adequada. Quando se analisa a região geográfica que a área de estudo está inserida, apenas 42,3% dos municípios da região nordeste realizam alguma atividade de coleta seletiva (ABRELPE, 2022).

Entretanto, para alcançar o desenvolvimento sustentável é necessário integrar as dimensões econômica, social e ambiental. A gestão de resíduos é um papel crucial nesse processo, abrangendo desde a redução das emissões de poluentes até a adoção de práticas sustentáveis. Uma sociedade denominada sustentável não pode gerar resíduos que excedem a sua capacidade de gerenciá-los. (CHERUBINI et al., 2009).

No entanto, a crescente urbanização, aumento da população e o desenvolvimento econômico têm desafiado a gestão de resíduos, tornando-a um dos setores mais desafiadores para os municípios. Apesar dos desafios, uma gestão eficiente de resíduos é essencial para alcançar a sustentabilidade, e requer uma abordagem integrada entre governo, empresas e sociedades em geral. (COELHO et al., 2018).

Vários estudos estão sendo criados para combater estes desafios, garantindo em ordem de prioridade que as seguintes etapas ocorram de acordo Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS (Lei nº 12.305/2010): não geração, redução, reaproveitamento, reciclagem, tratamento de resíduos e destinação final adequada (BRASIL, 2010).

Especificamente na etapa de tratamento, algumas técnicas vêm sendo estudadas para a aplicabilidade de uma gestão de resíduos mais eficiente e sustentável, como por exemplo: usinas de reciclagem, produção de combustível derivado de resíduos (CDR), tratamento bioquímico (biodigestão anaeróbia, compostagem e biogás de aterro) e tratamentos térmicos (incineração, pirólise, gaseificação). (JIMENEZ et al., 2017).

Neste contexto, o Brasil através de sua principal legislação para o setor – a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), em seu artigo 9 promove a possibilidade de utilizar novas tecnologias para a recuperação energética de resíduos, garantindo estratégias para a redução e incentivando o desenvolvimento sustentável. Sendo assim, formas de tratamento como compostagem e a incineração para o aproveitamento de energia surgem como alternativas a serem introduzidas no país, reduzindo significativamente o volume de resíduos. (LINO et al., 2013).

Essas tecnologias, quando aplicadas, não trazem um ganho apenas na eficiência da gestão de resíduos, mas garantem que as mudanças climáticas sejam colocadas em discussão. Nos últimos anos, a mudança climática global é um dos desafios ambientais mais urgentes enfrentados pela humanidade e a relação entre emissões de gases de efeito estufa (GEE) e as atividades de gerenciamento de resíduos veem ganhando maior interesse entre pesquisadores, devido esta atividade ser uma das principais fontes de emissões de GEE. (XIN et al., 2020).

Isto vai de encontro ao apresentado na Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas – COP 27, apenas o corte de emissões não é suficiente para manter a temperatura global. Conforme apresentado na conferência é necessário fortalecer as iniciativas da não geração para alcançar a temperatura ideal.

Como ferramenta para alcançar estes objetivos, a avaliação do ciclo de vida (ACV) é uma abordagem que permite apoiar a tomada de decisão no planejamento estratégico, sendo uma das metodologias mais utilizadas para a gestão de resíduos sólidos urbanos. (COELHO et al., 2018, ALLESCH e BRUNNER, 2014).

A metodologia consiste em avaliar os efeitos ambientais de um produto ou serviço durante todo o seu ciclo de vida do produto. A análise permite tanto uma amostra quantitativa como qualitativa dos cenários, com uma tecnologia baseada na ciência que caminha para a tomada de decisão mais sustentável possível. (COELHO et al., 2018).

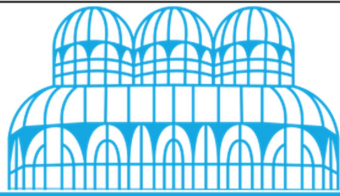
As aplicações da ACV vêm sendo utilizadas por governos e empresas para a orientação de políticas e regulamentações ambientais. Durante a avaliação é possível identificar oportunidades e melhorar o desempenho ambiental. A longo prazo, com os resultados obtidos é possível promover mudanças tecnológicas fundamentais para o alcance da sustentabilidade (BARBOSA JR et al., 2008).

OBJETIVO

Realizar a avaliação do ciclo de vida, com foco nos gases de efeito estufa, para o gerenciamento dos resíduos sólidos domiciliares do município de João Pessoa/PB, comparando as formas de tratamento aplicadas e sua relação com as emissões de gases de efeito estufa.

METODOLOGIA

A Figura 1 apresenta o resumo da metodologia aplicada.



CURITIBA/PR - 05 a 07 de Maio de 2026

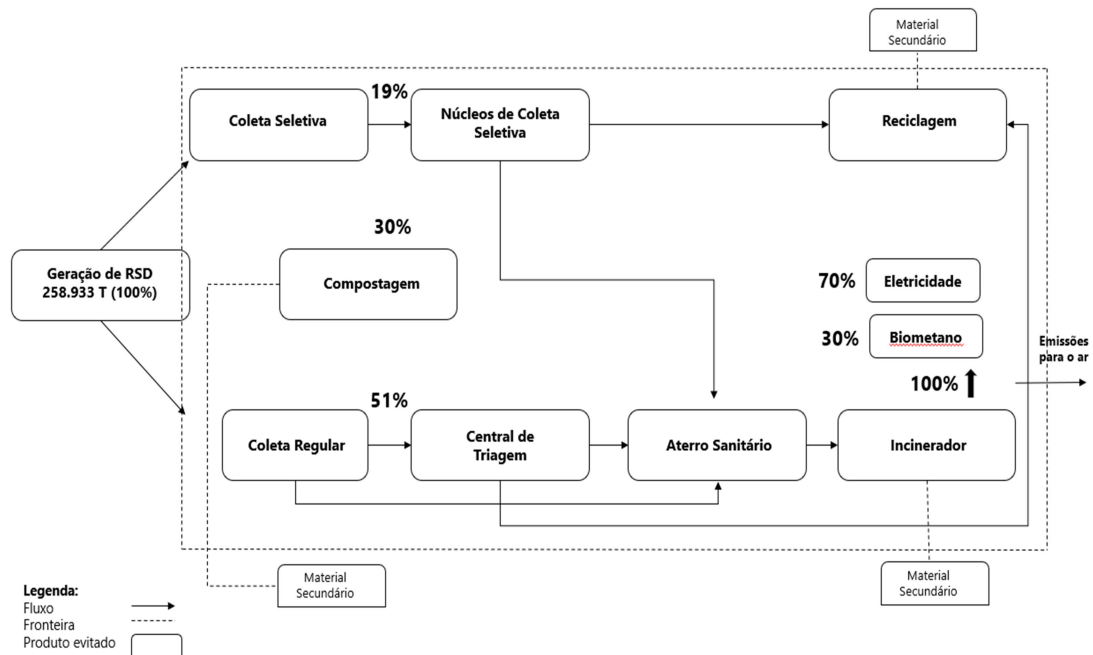


Figura 1: Etapas Metodológicas. Fonte: Elaborado pelos autores, 2026.

Para que a avaliação do ciclo de vida fosse aplicada ao gerenciamento dos resíduos sólidos domiciliares do município de João Pessoa/PB, foram realizadas algumas etapas metodológicas, a citar: estudo bibliográfico, definição do objetivo do estudo, caracterização do cenário atual, estudo do roteiro de coleta de resíduos do município de João Pessoa e investigação das tecnologias de tratamento dos resíduos no aterro.

Conforme a normativa ISO 14040:2009 o estudo da avaliação do ciclo de vida (ACV) deve ser composto por 04 fases:

- Definição e objetivo do escopo.
- Análise do inventário.
- Avaliação dos impactos.
- Interpretação.

O objetivo da aplicação da ACV no gerenciamento de resíduos sólidos domiciliares de João Pessoa é avaliar como as diferentes tecnologias e melhorias no nível de reciclagem e compostagem previstas no Plano Municipal De Gestão Integrada De Resíduos Sólidos No Município De João Pessoa – PMGIRS-JP impactam na redução dos gases de efeito estufa (GEE).

A unidade funcional adotada foi o quantitativo de resíduos sólidos domiciliares direcionados ao aterro sanitário no ano de 2018, assim como a parcela que deixou de ser aterrada em detrimento do que foi coletado na coleta seletiva. O ano de 2018 foi escolhido por ter sido o momento de atualização do PMGIRS, possibilitando que todos os dados de entrada da ACV representassem o mesmo ano para o cenário-base.

Neste escopo de pesquisa, foi considerado apenas a destinação dos resíduos até o aterro sanitário e o posterior tratamento que para ele é dado, não sendo contemplados os agentes intermediários e vendas à indústria de reciclagem.

Desta forma, sendo adotado o escopo “do berço ao túmulo”, considerando como fronteiras do sistema a coleta, tratamento e disposição final dos resíduos. Serão considerados como entrada para o sistema a quantidade de resíduo sólido domiciliar enviado ao aterro sanitário, a parcela reciclada por associados e trabalhadores informais e a estimativa de capacidade de geração de energia. Considerando como saídas, foram consideradas as emissões de poluentes.

Definição de cenários

Para avaliação desta ACV, 03 cenários foram estudados, sendo o cenário 1 o adotado pelo município de João Pessoa atualmente. Os demais são alternativas propostas baseadas na estimativa de evolução de reciclagem de materiais secos e úmidos estabelecida no PMGIRS – JP. Também foi acrescido o aumento gradual nas tecnologias de tratamento. A caracterização dos cenários ficou estabelecida como:

- Cenário 1: No cenário base, foi utilizado o quantitativo enviado ao aterro, incrementado a parcela de resíduos recicláveis secos, considerando que 50% da coleta de gás metano foi utilizada para geração de eletricidade. Nesta



CURITIBA/PR - 05 a 07 de Maio de 2026

9º CONRESOL

9º Congresso Sul-Americano
de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade



proposta, 100% é enviado ao aterro sanitário com possibilidade de coleta de gás, considerando 30% na eficiência da coleta de gás. Desse total, 50% é queimado via flare e 50% é utilizado para geração de eletricidade. Não é realizada a coleta seletiva dos resíduos úmidos, além de 6% dos materiais coletados serem enviados para coleta seletiva e o restante – 94% enviado a coleta regular.

- Cenário 2: Aumento de 09% na reciclagem de resíduos secos e incremento de 10% na reciclagem de resíduos úmidos, conforme metas estabelecidas no PMGIRS para o ano de 2019, tendo 81% enviado a aterro sanitário com possibilidade de coleta de gás e eficiência de 40% na sua coleta. Como tratamento do gás coletado, 100% será destinado a geração de eletricidade via incineração.
- Cenário 3: Aumento de 19% na reciclagem de resíduos secos e aumento de 30% na reciclagem de resíduos úmidos, conforme previsto no PMGIRS para o ano de 2027. Foi determinado para este cenário que, 50% dos resíduos são destinados a aterro sanitário com coleta de gás e 50 % tendo como opção de tratamento > CDR seco + cimenteira + tratamento biológico + cobertura para aterro, com uma coleta na eficiência de gás de 40%. Cinquenta por cento (50%) do gás coletado no aterro é utilizado para produção de energia elétrica e 50% para produção de biometano. Dos resíduos destinados para a opção de disposição de resíduos com CDR seco, 70% será utilizado para produção de energia e 30% para produção de biometano.

Calculadora de emissões – ProteGEE

Para aplicação desta pesquisa, tanto dados primários como secundários foram utilizados, com informações disponíveis através do PMGIRS (2014), EMLUR e aterro sanitário, que permitiram traçar uma melhor confiabilidade na construção dos cenários. A ferramenta utilizada para concepção do estudo de ACV foi a calculadora de emissões de GEE para resíduos.

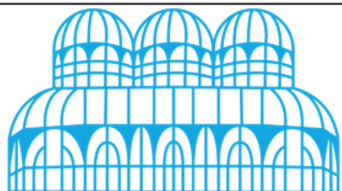
O cenário base adotado é o sistema de gerenciamento atual do município de João Pessoa, tendo as informações coletadas através de visitas ao aterro sanitário, entre o período de 2019 a 2022, e dados da EMLUR, disponibilizados para o ano de 2018.

O primeiro dado fornecido à calculadora é a quantidade total de resíduos em toneladas, seguido da quantidade de resíduos per capita gerado, utilizando os dados em (Kg/hab/dia). Em seguida, deve ser fornecida a composição gravimétrica dos resíduos, classificação do teor de água considerado e o fator de emissão para produção de eletricidade. sendo utilizado, nesse último caso, o valor padrão do Brasil de 93 g CO₂-ep/KWH, conforme recomendado pelo manual de utilização da calculadora.

Outro elemento importante para criação dos cenários de estudo é a taxa de reciclagem. Para determinar a taxa de reciclagem para o cenário-base, foi considerado o valor reciclado pelo setor formal e informal em toneladas. Foi realizado o cálculo para cada material identificado na composição gravimétrica. O referido memorial foi realizado para todas as aberturas de material reciclado existentes na composição gravimétrica de João Pessoa, e para os demais cenários, foram acrescidas ao valor do cenário-base o incremento dos valores de reciclagem, conforme estipulado nas metas de coleta seletiva do PMGIRS-JP.

RESULTADOS

Na Figura 2 é possível ter a visibilidade geral dos cenários. É perceptível que o cenário 03, com maiores taxas de coleta e tratamentos mais modernos, permite um gerenciamento de resíduos sólidos municipais mais eficiente e com menos poluição atmosférica.



CURITIBA/PR - 05 a 07 de Maio de 2026

9º CONRESOL

9º Congresso Sul-Americano
de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade

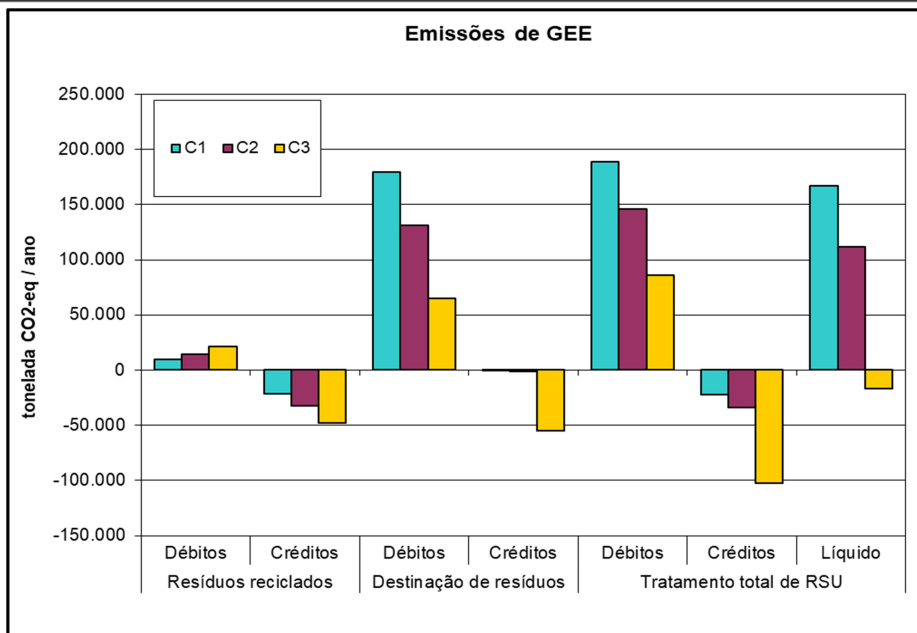


Figura 2: Comparação entre cenários. Fonte: Elaborado pelos autores, 2026.

O cenário 03 se destacou por obter o melhor resultado, comparado aos demais, não apenas pelo fato de introduzir tecnologias diferentes ao aterro sanitário, mas também pela sua capacidade em capturar e utilizar todo o gás utilizado para produção de biometano e eletricidade, descartando apenas para a natureza eventuais escapes. Foi o único cenário que, na avaliação líquida total, teve um saldo positivo.

O cenário 02 apresentou um resultado intermediário, mesmo tendo uma maior eficiência na coleta de gás e introdução da compostagem. O cenário 01 obteve o pior resultado, devido a sua ineficiência na coleta do gás gerado e baixa reciclagem. No valor total, comparando os 03 cenários, o cenário 03 é o único que obteve uma relação líquida positiva para a redução das emissões (Tabela 1).

Os resultados obtidos são realizados através da abordagem de emissões líquidas – “emissões totais (débitos)” menos “emissões evitadas (créditos)”. O resultado obtido no cenário 01 teve maior impacto, devido a destinação de resíduos. Cherubini et al., (2008) também obteve essa conclusão em sua ACV, onde a maior parte das emissões nos cenários utilizando apenas o aterro sanitário está na produção de gases do aterramento, como o gás metano (CH₄) e sulfeto de hidrogênio (H₂S), que são originados pela decomposição anaeróbica de resíduos orgânicos depositados.

Tabela 1: Comparação quantitativa dos cenários. Fonte: Elaborado pelos autores, 2026.

		C1	C2	C3
Resíduos reciclados	Débitos	9.623	14.541	21.145
	Créditos	-21.446	-32.549	-47.843
Destinação de resíduos	Débitos	179.593	131.129	65.153
	Créditos	-594	-1.427	-54.874
Tratamento total de RSU	Débitos	189.216	145.670	86.297
	Créditos	-22.040	-33.976	-102.718
Líquido		167.176	111.694	-16.420

CONCLUSÕES

Verifica-se que o cenário 01 – modelo atual de gerenciamento da cidade – teve o pior desempenho, devido ao grande número de materiais aterrados e poucas soluções alternativas que evitassem o aterramento. Enquanto que os cenários 02 e 03 tiveram aumentos graduais de reciclagem e utilização de outras técnicas de tratamento, provocando redução das emissões.

Verificou-se que a reciclagem em ambos os cenários foi indispensável para a redução das emissões. No cenário 01, a reciclagem possibilitou a eliminação de algumas emissões, mesmo que a parcela de recicláveis fosse pequena. À



CURITIBA/PR - 05 a 07 de Maio de 2026

9º CONRESOL

9º Congresso Sul-Americano
de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade



medida que a reciclagem foi aumentando nos demais cenários, o balanço de emissões foi se tornando maior, demonstrando a importância ambiental da coleta seletiva e reciclagem para a sustentabilidade.

Um ponto importante avaliado é que, à medida que os cenários incorporavam um conjunto de diferentes soluções para o tratamento de resíduos, reduzia a quantidade de emissões.

O cenário 03 se mostrou o mais eficiente na redução do impacto ambiental, pois possuía a maior taxa de reciclagem e incorporava novas tecnologias como o CDR, permitindo a redução de emissões, redução de disposição em aterro, aumento de produção de combustíveis renováveis, produção de energia limpa e redução das emissões de CO₂, apresentando-se como o cenário ideal para a promoção da economia circular e sustentabilidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABRELPE. (2022). **PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL**. Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Disponível em: < <https://abrelpe.org.br/download-panorama-2022/>> .
2. ALLESCH, A.; BRUNNER, P. H. **Assessment methods for solid waste management: a literature review**. Waste Management & Research, v. 32, n. 6, p. 461–473, jun. 2014.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14040: Gestão Ambiental – Avaliação do Ciclo de vida: princípios e estrutura**. 2ª ed., Rio de Janeiro, 2009.
4. BARBOSA G.S. (2008) **O desafio do desenvolvimento sustentável**. Revista Visões, 1(4): 1–11.
BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília, DF, 03 ago. 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm. Acesso em: 8 abril 2023.
5. CHERUBINI F, BARGIGLI S, ULGIATI S. **Life cycle assessment of urban waste management: Energy performances and environmental impacts. The case of Rome, Italy**. Waste Management, Volume 28, Issue 12, 2008, Pages 2552-2564, ISSN 0956-053X, <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2007.11.011>.
6. COELHO L.M.G, Lange L.C. **Applying life cycle assessment to support environmentally sustainable waste management strategies in Brazil, Resources, Conservation and Recycling**. Volume 128, 2018, Pages 438-450, ISSN 0921-3449. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.09.026>.
7. CUNHA., T. C. (2021). **Avaliação do Ciclo de Vida de Alternativas de Gestão de Resíduos Sólidos Orgânicos – Estudo de caso em Ceilândia e Taguatinga**. Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 124p.
8. JIMENEZ M AC, NORDI GH, PALACIOS BERECHÉ MC, BERECHÉ RP, GALLEGO AG, NEBRA SA. **Avaliação de duas diferentes alternativas de aproveitamento energético de resíduos sólidos urbanos no Brasil**. Gestão e Pesquisa de Resíduos. 2017;35(11):1137-1148. doi: 10.1177/0734242X17728123.
9. LINO FAM, ISMAIL KAR (2013). **Tratamentos alternativos para os resíduos sólidos urbanos e esgoto doméstico em Campinas, Brasil**. Recursos, Conservação e Reciclagem 81: 24–30.
10. MUNICÍPIO DE JOÃO PESSOA. **Lei nº 12.957, de 29 de dezembro de 2014. Dispõe Sobre O Plano Municipal De Gestão Integrada De Resíduos Sólidos No Município De João Pessoa E Aprova O Plano Municipal De Gestão Integrada De Resíduos Sólidos Apreciado Pelo Comam**. Diário Oficial [do estado da Paraíba], João Pessoa, PB. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/pb/j/joao-pessoa/lei-ordinaria/2014/1295/12957/lei-ordinaria-n-12957-2014-dispoe-sobre-o-plano-municipal-de-gestao-integrada-de-residuos-solidos-no-municipio-de-joao-pessoa-e-aprova-o-plano-municipal-de-gestao-integrada-de-residuos-solidos-apreciado-pelo-comam>. Acesso em: 18 de fevereiro de 2026.
11. XIN, C.; ZHANG, T.; TSAI, S.-B.; ZHAI, Y.-M.; WANG, J. **Um estudo empírico sobre cálculos de emissão de gases de efeito estufa sob diferentes estratégias municipais de gerenciamento de resíduos sólidos**. Appl. ciência 2020, 10, 1673. <https://doi.org/10.3390/app10051673>.