

BIOGÁS A PARTIR DE RESÍDUOS ORGÂNICOS

João Paulo Zanchetta, João Pedro Valenti, Lorenzo Longaretti, Tiago Cassol Severo, Colégio Scalabriniano Nossa Senhora Medianeira

RESUMO: A gestão de resíduos sólidos urbanos (RSU) constitui um dos principais desafios socioambientais, especialmente em países em desenvolvimento como o Brasil. O aumento do consumo, a urbanização acelerada e o crescimento populacional intensificam a geração de resíduos, cuja destinação final ainda ocorre de forma inadequada. Em 2022, o Brasil produziu cerca de 82,5 milhões de toneladas de resíduos, sendo aproximadamente 50% de origem orgânica. Apesar do elevado potencial de reaproveitamento, grande parte é encaminhada a aterros ou lixões, contribuindo para emissões de metano, contaminação ambiental e riscos à saúde pública.

Nesse contexto, a digestão anaeróbia apresenta-se como alternativa sustentável. O processo utiliza microrganismos na ausência de oxigênio para degradar a matéria orgânica, resultando em biogás, aplicável na geração de energia ou convertido em biometano, além do digestato, que pode ser utilizado como biofertilizante. Essa tecnologia integra os princípios da economia circular, ao reduzir impactos e promover valorização dos resíduos. Experiências consolidadas na Europa demonstram sua viabilidade, mas no Brasil sua implementação ainda é limitada por falhas na segregação, infraestrutura insuficiente e ausência de incentivos. Este estudo analisa o potencial da digestão anaeróbia para a gestão sustentável de resíduos orgânicos e a diversificação da matriz energética.

Palavras-Chave: Resíduos; Biometano; Orgânico; Energia.

ABSTRACT: The management of municipal solid waste (MSW) is one of the main socio-environmental challenges, particularly in developing countries such as Brazil. Population growth, urban expansion and increased consumption drive higher waste generation, whose final disposal remains largely inadequate. In 2022, Brazil produced approximately 82.5 million tons of MSW, of which about 50% was organic. Despite its high potential for recovery, most organic waste is disposed of in landfills or open dumps, leading to methane emissions, environmental contamination and public health risks.

Anaerobic digestion emerges as a sustainable alternative. This biological process uses microorganisms in the absence of oxygen to decompose organic matter, generating biogas, which can be used for energy production or upgraded to biomethane, and digestate, which can serve as biofertilizer. The technology aligns with circular economy principles by reducing environmental impacts and adding value to waste. While European countries have demonstrated its feasibility, in Brazil its adoption remains limited due to lack of segregation, inadequate infrastructure and insufficient policy incentives. This study evaluates the potential of anaerobic digestion to enhance sustainable waste management and contribute to energy diversification.

Keywords: Energy; Waste; Project; Biomethane; Organic.

INTRODUÇÃO

A geração e o manejo de resíduos sólidos urbanos (RSU) constituem um dos principais desafios socioambientais enfrentados pelas sociedades contemporâneas, especialmente em países em desenvolvimento como o Brasil. A intensificação do crescimento populacional, aliada ao aumento do consumo e à urbanização acelerada, tem resultado em volumes crescentes de resíduos, cuja destinação final ainda ocorre, em grande parte, de forma inadequada. De acordo com a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2023), em 2022, o Brasil gerou cerca de 82,5 milhões de toneladas de resíduos sólidos, sendo que aproximadamente 50% correspondem à fração orgânica, composta por restos de alimentos, resíduos de feiras, podas e outros materiais biodegradáveis.

Embora os resíduos orgânicos apresentem elevado potencial para reaproveitamento, especialmente na produção de energia e fertilizantes, grande parte ainda é descartada em aterros sanitários ou, em casos mais críticos, em lixões a céu aberto, contrariando os princípios da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº 12.305/2010. Essa prática não apenas representa um desperdício de recursos valiosos, como também intensifica os impactos ambientais negativos, como a emissão de gases de efeito estufa (GEE), a contaminação do solo e da água, e a proliferação de vetores de doenças.

Durante a decomposição anaeróbia da matéria orgânica em aterros, ocorre a liberação de metano (CH_4), gás com potencial de aquecimento global 28 vezes superior ao dióxido de carbono (CO_2), em um período de 100 anos (IPCC, 2021). Essa realidade contribui de forma significativa para o agravamento das mudanças climáticas, além de representar riscos à saúde pública e à segurança ambiental. Segundo Silva et al. (2020), o gerenciamento inadequado dos resíduos orgânicos é uma das principais causas da baixa eficiência dos sistemas de limpeza urbana e da degradação ambiental em áreas urbanas densamente povoadas.

Neste contexto, a digestão anaeróbia — processo biológico em que microrganismos decompõem matéria orgânica na ausência de oxigênio — surge como uma alternativa promissora. Por meio desse processo, é possível produzir o biogás, uma mistura composta majoritariamente por metano e dióxido de carbono, que pode ser utilizada como fonte de energia térmica, elétrica ou transformada em biometano, substituindo o gás natural de origem fóssil. Além disso, o processo gera um subproduto chamado digestato, que pode ser utilizado como biofertilizante na agricultura, promovendo o reaproveitamento de nutrientes e a redução do uso de fertilizantes químicos (CASTRO; LIMA, 2020).

A geração de biogás a partir do lixo orgânico insere-se na economia circular, que propõe um modelo sustentável de reaproveitamento de resíduos, redução de impactos ambientais e geração de valor. Experiências internacionais, como na Alemanha, na Suécia e na Noruega evidenciam que essa tecnologia pode ser eficiente, econômica e ambientalmente viável. No entanto, no Brasil, sua adoção ainda é limitada devido a fatores como a falta de segregação dos resíduos, deficiências na infraestrutura de coleta seletiva, ausência de incentivos econômicos e desconhecimento técnico por parte dos gestores públicos (CNI, 2022).

Diante disso, este trabalho tem como objetivo analisar o potencial da geração de biogás a partir de resíduos orgânicos urbanos como alternativa sustentável à gestão de resíduos e à diversificação da matriz energética brasileira. Busca-se também analisar o potencial de geração de biogás de diferentes tipos de matéria orgânica, como cascas de banana, maçã e resíduos diversos, com exceção dos resíduos de caráter cítrico.

OBJETIVOS:

- Analisar o potencial de geração de gás metano de diferentes tipos de matéria orgânica, como cascas de maçã e banana;
- Propor soluções para a gestão e bom aproveitamento dos resíduos orgânicos no Brasil;

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A gestão de resíduos sólidos urbanos (RSU) constitui um dos principais desafios enfrentados pelas cidades brasileiras no século XXI. A intensificação do crescimento populacional, a expansão desordenada dos centros urbanos e os atuais padrões de produção e consumo — baseados no descarte e no desperdício — vêm gerando volumes crescentes de resíduos, pressionando os sistemas públicos de coleta, tratamento e disposição final (BESEN; FRANCO, 2020).

Segundo o levantamento mais recente da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2023), o Brasil gerou, em 2022, mais de 82,5 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos, o que equivale a uma média de 1,07 kg por habitante/dia. Desse total, aproximadamente 50% corresponde à fração orgânica, composta por restos de alimentos, cascas de frutas, verduras, folhas, resíduos de podas, entre outros materiais biodegradáveis. Apesar de seu alto potencial de reaproveitamento, a maior parte desses resíduos ainda é destinada a aterros sanitários (62%) ou a destinos inadequados (38%), incluindo lixões e vazadouros a céu aberto (ABRELPE, 2023).

A Lei nº 12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), estabeleceu como princípio a gestão integrada e sustentável dos resíduos, com a promoção da não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento, além da destinação final ambientalmente adequada dos rejeitos (BRASIL, 2010). No entanto, passados mais de dez anos da promulgação da PNRS, a implementação de seus instrumentos ainda é desigual e lenta em grande parte do país. De acordo com o Tribunal de Contas da União (TCU, 2022), apenas 30% dos municípios brasileiros possuem planos de gestão integrada de resíduos sólidos plenamente compatíveis com a legislação federal.

Entre os principais entraves à efetivação da política estão a falta de infraestrutura, a baixa articulação entre os entes federativos, a ausência de incentivos econômicos, a fragilidade institucional dos municípios e a falta de educação ambiental voltada à segregação dos resíduos na fonte (IPEA, 2021). Isso dificulta, de forma significativa, a valorização dos resíduos orgânicos, que poderiam ser tratados por meio de compostagem, biodigestão ou outras tecnologias limpas.

A gestão inadequada dos resíduos orgânicos também tem implicações ambientais relevantes. Quando descartados em aterros ou lixões, esses materiais se decompõem sob condições anaeróbias, resultando na geração de gás metano (CH_4) — um potente gás de efeito estufa com potencial de aquecimento global 28 vezes maior que o dióxido de carbono (CO_2) em um horizonte de 100 anos (IPCC, 2021). Além disso, a decomposição orgânica contribui para a formação de chorume, um efluente altamente poluente que pode contaminar o solo e os recursos hídricos subterrâneos quando não tratado adequadamente (CETESB, 2021).

Dessa forma, a valorização da fração orgânica dos resíduos sólidos — especialmente por meio da produção de biogás — representa não apenas uma solução ambientalmente eficiente, mas

também uma oportunidade estratégica de promover a economia circular, reduzir os impactos ambientais e ampliar o acesso a fontes de energia limpa e descentralizada (VON SPERLING, 2018)

A valorização energética dos resíduos é uma estratégia que visa reduzir a quantidade de lixo descartado em aterros e, simultaneamente, produzir energia útil. Entre as principais formas de conversão energética de resíduos destacam-se a incineração, a gaseificação, a pirólise e a digestão anaeróbia — sendo esta última especialmente indicada para resíduos orgânicos.

De acordo com o Ministério de Minas e Energia (MME, 2022), a recuperação energética de resíduos pode contribuir para a diversificação da matriz energética brasileira, atualmente ainda fortemente dependente de fontes hídricas e fósseis. Em países como Alemanha, Suécia e Japão, tecnologias de conversão de resíduos em energia já são aplicadas em larga escala, promovendo a integração entre a gestão de resíduos e a produção energética (CNI, 2022).

No Brasil, embora existam iniciativas pontuais nesse sentido, o aproveitamento energético do lixo ainda é incipiente, principalmente no que se refere à fração orgânica dos resíduos. O potencial de geração de energia a partir desses materiais é elevado, especialmente nas áreas urbanas, onde há grande concentração de RSU (ABRELPE, 2023).

O biogás é uma mistura de gases gerada a partir da decomposição anaeróbia de matéria orgânica por microrganismos em ambientes sem oxigênio. Sua composição típica inclui cerca de 50% a 70% de metano (CH_4), 30% a 40% de dióxido de carbono (CO_2) e traços de outros gases, como sulfeto de hidrogênio (H_2S) e vapor de água (CASTRO; LIMA, 2020).

A produção de biogás ocorre por meio da digestão anaeróbia em biodigestores, que podem ser implementados em diferentes escalas — de sistemas rurais familiares a plantas industriais. O resíduo orgânico utilizado pode ser proveniente de resíduos domésticos, efluentes agropecuários, lodo de esgoto ou restos de alimentos. Além do gás energético, o processo gera um subproduto denominado digestato, que pode ser utilizado como fertilizante natural, contribuindo para o fechamento do ciclo dos nutrientes (SOUZA; OLIVEIRA, 2019).

O biogás pode ser utilizado de diversas formas: como combustível para geração de energia elétrica e térmica, para cocção, iluminação, ou ainda purificado e transformado em biometano, que pode ser utilizado como substituto do gás natural em veículos ou injetado na rede de distribuição (CETESB, 2021). Além dos benefícios energéticos, o uso do biogás contribui para a mitigação das emissões de gases de efeito estufa e para a gestão ambiental adequada dos resíduos orgânicos.

Segundo o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2021), o metano possui um potencial de aquecimento global 28 vezes superior ao dióxido de carbono em um período de 100 anos. Assim, sua captura e utilização representam uma estratégia efetiva de combate às mudanças climáticas.

A digestão anaeróbia aplicada ao lixo orgânico doméstico apresenta-se como uma solução técnica viável e ambientalmente vantajosa. A transformação de resíduos orgânicos em biogás pode ser realizada em pequena escala, inclusive em ambientes urbanos, desde que sejam observadas condições mínimas de umidade, temperatura, vedação e ausência de oxigênio.

Estudos indicam que a produção de biogás em condições controladas pode ser iniciada após cerca de 20 a 30 dias de digestão, com variações conforme a temperatura ambiente, o tipo de substrato e a umidade do material (SILVA et al., 2020). Essa abordagem permite não apenas a produção de energia, mas também a redução do volume de resíduos orgânicos descartados, promovendo educação ambiental e conscientização sobre o reaproveitamento de recursos.

Além disso, a utilização de biodigestores contribui para a descentralização da produção de energia, a inclusão social em comunidades vulneráveis e a construção de cidades mais sustentáveis, em consonância com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030 da ONU, especialmente os ODS 7 (energia limpa e acessível), 11 (cidades e comunidades sustentáveis) e 12 (consumo e produção responsáveis).

METODOLOGIA

O estudo possui caráter qualitativo, com o objetivo de observar o processo de formação de biogás a partir da decomposição anaeróbia de resíduos orgânicos. A abordagem adotada consistiu na construção de um experimento de campo, utilizando materiais de fácil acesso, com o intuito de simular as condições básicas necessárias à geração de metano (CH_4), principal componente do biogás.

Para o experimento foram utilizados os seguintes materiais:

- Baldes plásticos com capacidade de 20 litros;
- Resíduos orgânicos diversos (cascas de maçã, cascas de banana, demais restos orgânicos);
- Fita isolante para a vedação adequada dos baldes;
- Tinta preta para a pintura dos baldes;
- Canos de PVC (saída do gás para análises);
- Ferramentas de gravação para registro dos resultados.

Inicialmente, os três baldes foram preenchidos com quantidades semelhantes de resíduos orgânicos previamente selecionados, em diferentes composições, buscando simular cenários de decomposição. As tampas dos baldes foram devidamente vedadas com fita isolante, a fim de evitar a entrada de oxigênio, criando um ambiente propício para a digestão anaeróbia.

Posteriormente, os baldes foram enterrados individualmente em solo, em local externo, com profundidade suficiente para manter temperatura relativamente constante, o que favorece a atividade microbiológica. Os recipientes permaneceram enterrados por um período contínuo de 25 dias, conforme descrito por Silva et al. (2020), que aponta esse tempo mínimo como adequado para que haja produção mensurável de gases em condições rudimentares de biodigestão.

Após trinta dias, os baldes foram extraídos e preparados para as análises. Para a análise foram considerados os seguintes fatores: quantidade de liberação de gás e alterações físicas nos baldes (Deformações). Após isso, os resultados obtidos através de vídeos foram comparados para evidenciar qual dos elementos liberou mais gás metano, assim podendo concluir qual deles tem maior potencial para a geração do biogás.

FIGURA 1: Baldes finalizados

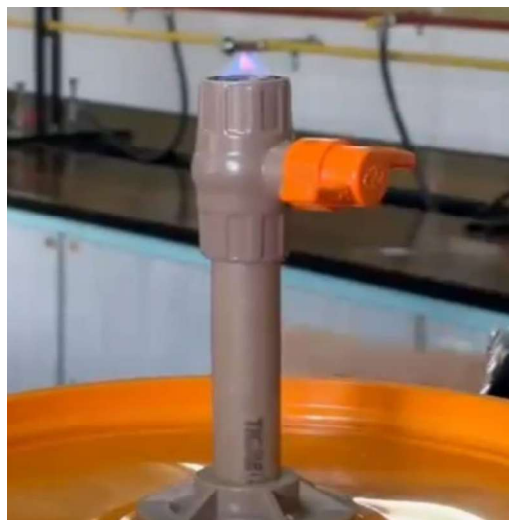


Fonte: Elaborado pelos autores

RESULTADOS E ANÁLISES

A partir das análises realizadas, foram comparadas o potencial de geração de gás metano de duas matérias orgânicas: Restos de banana e restos de maçã. O período experimental foi 21 dias, com os baldes sendo isolados em local adequado. Após isso foi analisada a coloração da chama e tamanho. As comparações foram feitas através de imagens. As imagens abaixo apresentam a altura da chama após a liberação do gás. A primeira imagem (IMAGEM 2) apresenta a chama produzida a partir dos resíduos de maçã. Nesta, observa-se uma chama de pequeno porte quando comparada a produzida pela banana, porém observa-se uma chama com colorações azuis e esverdeadas. O tempo de queima desta também foi mais prolongado em relação a chama produzida pelos restos de banana

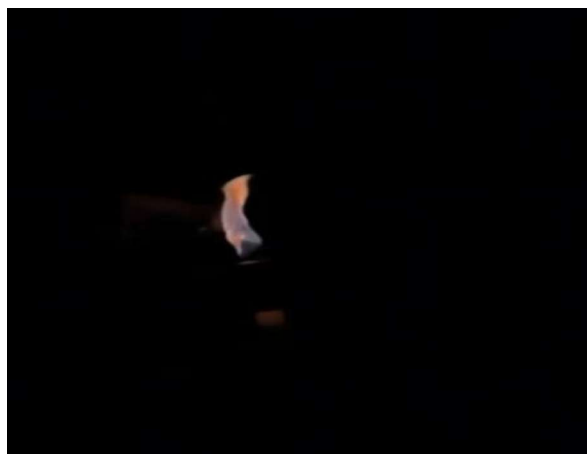
FIGURA 2: CHAMA PRODUZIDA PELA MAÇA



Fonte: Elaborado pelos autores

Já a segunda imagem, apresenta a queima a partir dos resíduos de maçã. Nela, observa-se uma chama cerca de 2 centímetros mais alta em relação à produzida pela maçã., No entanto, esta apresentou uma duração muito mais curta. A imagem abaixo retrata a chama no momento em que atingiu a maior altura.

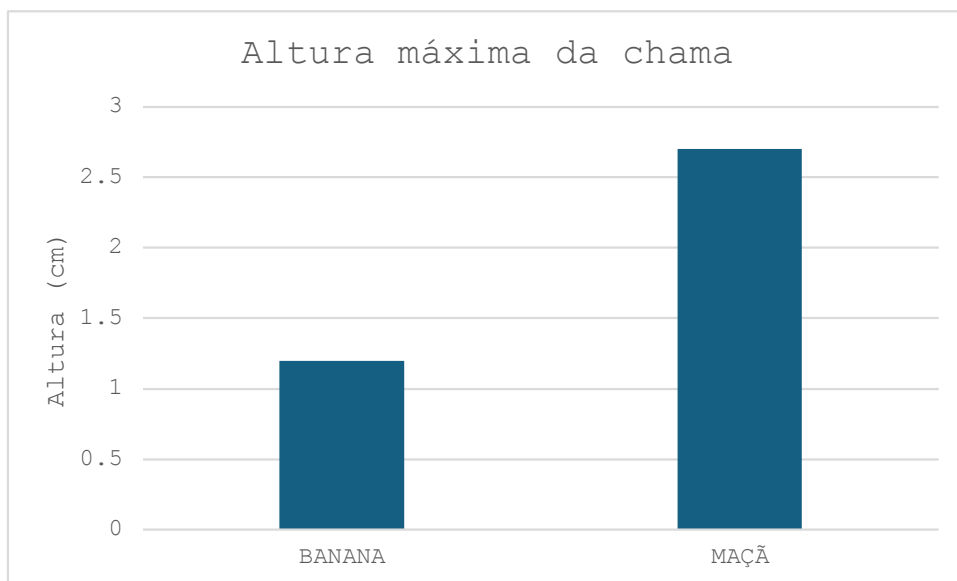
IMAGEM 3: CHAMA PRODUZIDA PELA BANANA



Fonte: Elaborado pelos autores

A tabela abaixo demonstra o tamanho da chama pelo tempo nos dois baldes. E serve de elemento essencial para a comparação entre eles. O gráfico considera a altura máxima da chama no balde com restos de banana e maçã.

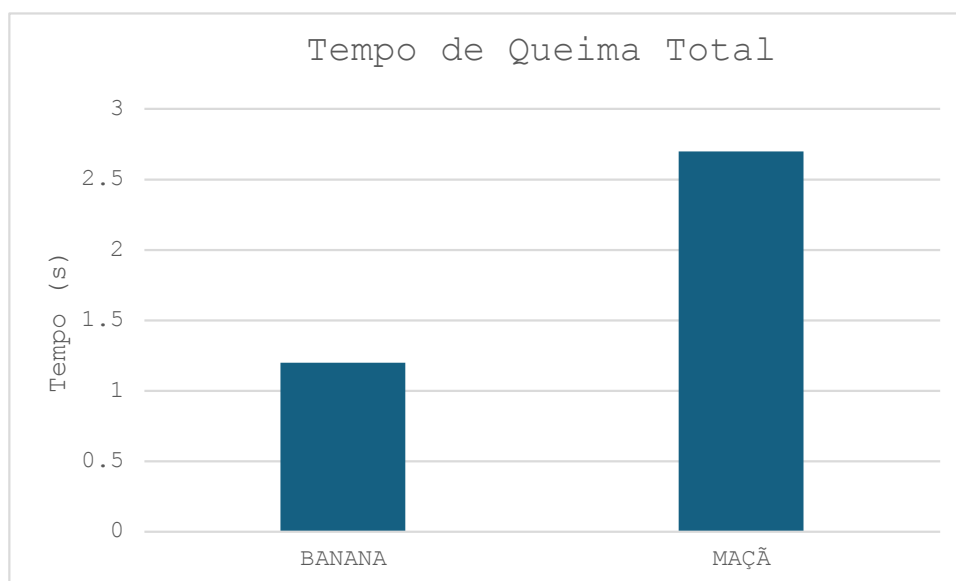
GRÁFICO 1: COMPARAÇÃO ENTRE ALTURA DE CHAMAS



Fonte: Elaborado pelos autores

Já o gráfico abaixo apresenta a comparação entre o tempo total de queima para os dois materiais em análise.

GRÁFICO 2: COMPARAÇÃO ENTRE TEMPO DE QUEIMA



Fonte: Elaborado pelos autores

Isso prova que os restos orgânicos apresentam potenciais de geração de gás metano em proporções diferentes. A maçã tendo um potencial mais durador que a banana e a banana tendo um potencial maior em períodos curtos de tempo.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitem concluir que os resíduos de banana e maçã apresentam comportamentos distintos quanto ao potencial de geração e combustão do gás metano. Os restos de banana produziram uma chama mais alta, evidenciando maior intensidade inicial de combustão; contudo, essa chama apresentou menor duração, indicando uma menor estabilidade do gás gerado.

Por outro lado, os resíduos de maçã demonstraram um desempenho mais equilibrado: embora tenham produzido uma chama de menor altura, apresentaram maior tempo de queima e colorações azuladas e esverdeadas, sugerindo uma combustão relativamente mais limpa e constante. Esses resultados indicam que, no contexto experimental, a maçã apresentou um potencial de combustão mais estável, enquanto a banana exibiu um comportamento mais intenso, porém rápido.

De modo geral, as diferenças observadas reforçam que o tipo de matéria orgânica influencia diretamente tanto a qualidade quanto a estabilidade do biogás produzido, destacando a importância de selecionar adequadamente o resíduo de acordo com o objetivo energético desejado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRELPE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2023. São Paulo: ABRELPE, 2023.

BESSEN, G. R.; FRANCO, R. L. P. Gestão de resíduos sólidos no Brasil: avanços, limites e desafios. Revista Brasileira de Gestão Urbana, v. 12, n. 3, p. 543–558, 2020.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 3 ago. 2010.

CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Resíduos sólidos urbanos: impactos e gestão ambiental. São Paulo: CETESB, 2021.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. Diagnóstico da implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos nos municípios brasileiros. Brasília: IPEA, 2021.

IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Cambridge: Cambridge University Press, 2021.

TCU – TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO. Relatório de acompanhamento da implementação da PNRS nos municípios brasileiros. Brasília: TCU, 2022.

VON SPERLING, M. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: fundamentos e aplicações. 5. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2018.