

COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS DE ESTIMATIVA DE GERAÇÃO DE METANO EM ATERROS SANITÁRIOS COMO ESTRATÉGIA DE GESTÃO CLIMÁTICA E REGENERATIVA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

Beatris Wieczorek dos Santos – wieczoreckb@gmail.com

Agerr Pantanal

Rua Shiraz, 261 - Alvorada

78048-210 – Cuiabá – Mato Grosso

Luciana Nascimento da Silva – diretoria@agerrpantanal.com.br

Agerr Pantanal

Lucas Sales Villarruel – lucas.sales.villarruel@gmail.com

Universidade Federal de Mato Grosso

João Victor Ribeiro da Silva – ribeirosilvajv@gmail.com

Universidade Federal de Mato Grosso

Maria Eduarda Pereira de Andrade – mariaeduardapda00@gmail.com

Universidade Federal de Mato Grosso

Resumo: A intensificação das mudanças climáticas e a urgência por soluções sustentáveis para o manejo de resíduos sólidos urbanos tornam imprescindível o uso de ferramentas de apoio à gestão ambiental. Este trabalho tem como objetivo comparar métodos de estimativa de geração de metano em aterros sanitários, avaliando sua aplicação como instrumento estratégico para a gestão climática e regenerativa. O estudo teve como área de referência o aterro sanitário de Cuiabá (MT), que atende três municípios da região metropolitana. Foram aplicados os modelos matemáticos LandGEM (versão 3.02) e Scholl-Canyon, ambos baseados em equações cinéticas de primeira ordem, utilizando dados populacionais, massa anual de resíduos e parâmetros k e L_0 . Os resultados indicam que, entre 2022 e 2042, o LandGEM estima uma produção acumulada de 348.106.964 m³ de metano, com pico de 27.272.793 m³/ano em 2043. O modelo Scholl-Canyon estimou 478.474.672 m³ no mesmo período, com pico anual também em 2043, atingindo 41.642.703 m³/ano — valor 37,4% superior. Conclui-se que ambos os métodos são consistentes, sendo úteis para o planejamento ambiental e estratégias de mitigação de emissões.

Palavras-chave: biogás, resíduos urbanos, modelagem computacional, aterro sanitário.

Realização



Apoio Institucional



Correalizadores



(51) 999330700



abes-rs@abes-rs.org.br



www.abes-rs.org.br

COMPARISON OF METHODS FOR ESTIMATING METHANE GENERATION IN SANITARY LANDFILLS AS A STRATEGY FOR CLIMATE AND REGENERATIVE MANAGEMENT OF SOLID WASTE

Abstract: The intensification of climate change and the growing need for sustainable solutions for municipal solid waste management make the use of tools that support environmental management increasingly essential. This study aims to compare methods for estimating methane generation in sanitary landfills, evaluating their application as a strategic tool for climate management and sustainable solid waste management. The Cuiabá Sanitary Landfill, located in the state of Mato Grosso, Brazil, and serving three municipalities in the metropolitan region, was selected as the reference site. The LandGEM (version 3.02) and Scholl-Canyon mathematical models, both based on first-order kinetic equations, were applied using population data, annual waste disposal rates, and the kinetic parameters k and L_0 . The results indicated that, between 2022 and 2042, the LandGEM model estimated a cumulative methane production of 348,106,964 m³, with a peak annual generation of 27,272,793 m³ in 2043. Over the same period, the Scholl-Canyon model estimated a cumulative methane production of 478,474,672 m³, also reaching its peak in 2043, with an annual generation of 41,642,703 m³, representing a value 37.4% higher than that estimated by the LandGEM model. It is concluded that both methods produced consistent results and constitute valuable tools for environmental planning, sustainable solid waste management, and the development of greenhouse gas emission mitigation strategies.

Keywords: Biogas; Municipal solid waste; Computational modeling; Sanitary landfill.

1. INTRODUÇÃO

Diante da crescente preocupação com os efeitos das mudanças climáticas e da busca por soluções sustentáveis para o manejo dos resíduos sólidos urbanos, destaca-se a necessidade de aprimorar as estratégias de gestão ambiental com base em tecnologias preditivas e limpas. Os aterros sanitários, embora ainda representem a principal forma de destinação de resíduos no Brasil, são responsáveis por significativas emissões de gases de efeito estufa (GEE), em especial o metano (CH₄), um gás com potencial de aquecimento global 25 vezes superior ao dióxido de carbono (CO₂) ao longo de um século (IPCC, 2021). A integração entre gestão de resíduos e políticas nacionais de biocombustíveis é essencial para viabilizar o aproveitamento energético do metano em aterros, conforme destacado por (EL-DEIR; SORAYA, 2023).

A decomposição anaeróbia da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos (RSU) dispostos em aterros resulta na geração de biogás, cuja principal fração energética é composta por metano. Embora o biogás possa ser captado e tratado, ou mesmo aproveitado energeticamente, na maioria dos casos ele é simplesmente liberado para a atmosfera, agravando os impactos ambientais associados à disposição final inadequada (SILVA; TAGLIAFERRO, 2021). Para mitigar esses impactos, é imprescindível

Realização



Apoio Institucional



Correalizadores



(51) 999330700



abes-rs@abes-rs.org.br



www.abes-rs.org.br

estimar com precisão a quantidade de metano gerada, o que permite o planejamento de ações de controle, captura e mitigação de emissões, além de subsidiar políticas públicas eficazes para a transição ecológica dos sistemas de gestão de resíduos.

Nesse contexto, o uso de modelos matemáticos computacionais para estimativa da geração de metano em aterros sanitários representa uma ferramenta estratégica para a avaliação do comportamento temporal da biodegradação dos resíduos e do potencial de emissões associadas. A comparação entre diferentes métodos de estimativa, como os modelos LandGEM e Scholl-Canyon, permite compreender as limitações e as potencialidades de cada abordagem, considerando aspectos como o tempo de estabilização dos resíduos, composição gravimétrica e parâmetros cinéticos de degradação. Essa comparação contribui para a construção de diagnósticos mais robustos, que podem orientar ações mitigadoras e regenerativas, alinhadas à gestão integrada de resíduos sólidos e à redução das emissões de GEE (DA SILVA et al., 2023).

Além disso, ao compreender as dinâmicas de geração de metano e o comportamento de estabilização dos resíduos em aterros, abre-se espaço para abordagens mais próximas da economia regenerativa, que valoriza a restauração de ciclos naturais, o uso inteligente de recursos e a minimização dos passivos ambientais.

Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo comparar dois métodos de estimativa da geração de metano em aterros sanitários — LandGEM e Scholl-Canyon — a fim de avaliar o comportamento temporal da biodegradação dos resíduos sólidos urbanos e oferecer subsídios técnicos para a gestão climática e regenerativa dos sistemas de disposição final.

2. METODOLOGIA

2.1. Caracterização da área de estudo

O presente estudo teve como objeto o aterro sanitário localizado em Cuiabá (MT), que recebe resíduos sólidos urbanos provenientes dos municípios de Cuiabá, Várzea Grande e Santo Antônio do Leverger, abrangendo uma população aproximada de 966.201 habitantes em 2022, segundo o IBGE. Operado sob regime de concessão pela empresa Orizon Valorização de Resíduos, o aterro, representado pela figura 1, possui infraestrutura técnica para recepção, compactação e cobertura diária dos resíduos, além de sistemas de drenagem e impermeabilização. Entretanto, a unidade não dispõe de sistema de captação ou aproveitamento energético do biogás gerado, o qual é direcionado para queima controlada por meio de drenos verticais.

Realização



Apoio Institucional



Correalizadores



(51) 999330700

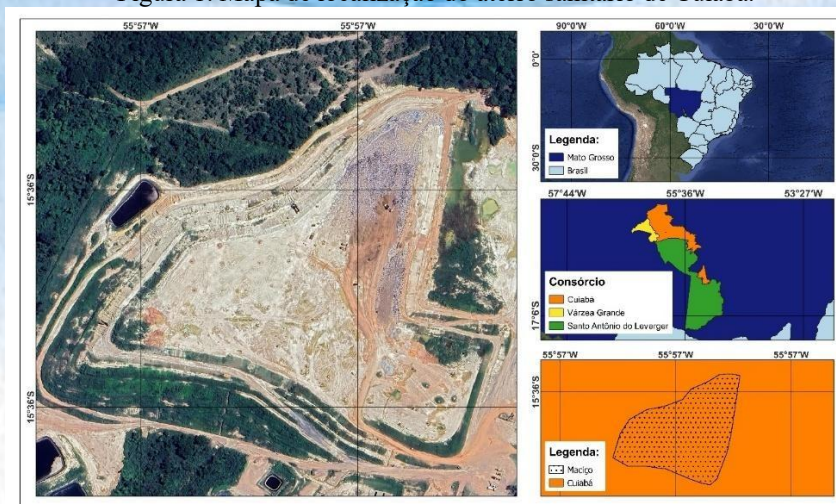


abes-rs@abes-rs.org.br



www.abes-rs.org.br

Figura 1. Mapa de localização do aterro sanitário de Cuiabá.



Fonte: Autoria própria

2.2. Projeção populacional

Para estimar a população futura dos municípios consorciados — Cuiabá, Várzea Grande e Santo Antônio do Leverger — foram utilizados dados dos Censos Demográficos de 2010 e 2022, aplicando-se o método de crescimento aritmético, conforme Tsutya (1985), apropriado para projeções em contextos urbanos com crescimento linear. A análise indicou crescimento populacional contínuo em Cuiabá e Várzea Grande, enquanto Santo Antônio do Leverger apresentou tendência de decréscimo populacional, possivelmente em função de processos migratórios ou fatores socioeconômicos locais.

2.3. Quantificação da massa total de resíduos sólidos

Para a estimativa da quantidade de resíduos sólidos urbanos (RSU) gerados ao longo do horizonte de projeção de 20 anos, adotaram-se como base os índices per capita de geração apresentados no Plano Estadual de Resíduos Sólidos de Mato Grosso – PERS-MT (PERS-MT, 2020), conforme tabela 1. Para considerar a tendência de aumento nos padrões de consumo e descarte ao longo do tempo, foi aplicado um acréscimo anual de 1% ao valor per capita inicial, conforme metodologia adotada por Silva (2021) em estudos de projeção de longo prazo no setor de saneamento.

Realização



Correalizadores



Apoio Institucional

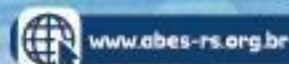
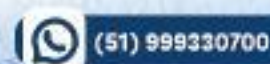


Tabela 1. Parâmetros iniciais utilizados para a modelagem matemática

MUNICÍPIO	ANO	MÉTODO DE PROJEÇÃO POPULACIONAL	POPULAÇÃO (hab) (IBGE,2022)	TAXA DE CRESCIMENTO PER CAPITA (%) (SILVA,2021)	PER CAPITA (kg/hab.dia) (PERS-MT)
Cuiabá	2022	Aritmético	650.877	1	0,701 - 0,900
Várzea Grande	2022	Aritmético	300.078	1	0,701 - 0,900
Santo Antônio do Leverger	2022	Aritmético	15.246	1	0,400 - 0,700

Fonte: IBGE, SILVA, PERS-MT.

A estimativa da produção de biogás foi realizada por meio do modelo computacional LandGEM (versão 3.02), desenvolvido pela EPA, que utiliza uma equação cinética de primeira ordem para correlacionar a degradação dos resíduos com a geração de gases por digestão anaeróbica. A simulação considerou dados consolidados de geração de resíduos dos municípios consorciados ao aterro de Cuiabá, com horizonte de 20 anos, utilizando os parâmetros cinéticos k , constante de decaimento de primeira ordem ou taxa de geração de metano (ano^{-1}), e L_0 , potencial de geração de metano, correspondente ao volume máximo de metano produzido por tonelada de resíduo sólido urbano disposto ($\text{m}^3 \text{CH}_4 \text{t}^{-1}$). Como validação, também foi aplicado o modelo Scholl-Canyon, baseado na mesma abordagem cinética, empregando os mesmos dados de entrada para garantir consistência e comparabilidade entre os resultados.

2.4. Estimativa da taxa de geração de metano (k)

Para a definição da taxa de geração de metano (k), adotou-se como base metodológica o estudo desenvolvido por Andrade et al. (2021), intitulado "Estimativa da Geração de Biogás em Aterros Sanitários nos Municípios de Ananindeua/PA e Marabá/PA", no qual o modelo LandGEM é aplicado a municípios da região Norte do Brasil com características climáticas equatoriais úmidas.

Contudo, ao comparar os dados climáticos das áreas estudadas por Andrade et al. com as condições ambientais de Cuiabá (MT) — caracterizada por clima tropical com estação seca, precipitação média anual em torno de 1.200 mm e umidade relativa inferior —, observou-se que as condições de umidade no aterro de Cuiabá são menos favoráveis à biodegradação anaeróbica contínua, conforme tabela 2. Diante disso, optou-se pela adoção de um valor mais conservador para o parâmetro k , dentro dos intervalos sugeridos por Conestoga-Rovers & Associates (2004), que relacionam a taxa de geração com a precipitação anual e o grau de degradação dos resíduos.

Realização



Correalizadores



Apoio Institucional



(51) 999330700



abes-rs@abes-rs.org.br



www.abes-rs.org.br

Tabela 2. Intervalos de valores sugeridos de k para precipitação anual e grau de degradação correspondentes.

PRECIPITAÇÃO ANUAL (mm)	VALORES SUGERIDOS PARA k NO MODELO LANDGEM E SCHOLL- CANYON		
	Relativamente inerte	Moderadamente degradável	Altamente degradável
< 250	0,01	0,02	0,03
250 - 500	0,01	0,03	0,05
500 - 1000	0,02	0,05	0,08
> 1000	0,02	0,06	0,09

Fonte: CONESTOGA-ROVERS & ASSOCIATES.

Considerando resíduos moderadamente a altamente decomponível e uma precipitação anual superior a 1.000 mm, a literatura recomenda valores de k entre 0,06 e 0,09 ano⁻¹. No entanto, tendo em vista as condições locais de menor umidade efetiva em Cuiabá durante a estação seca, foi adotado um valor de k = 0,045 ano⁻¹, buscando representar de forma mais realista a taxa de degradação do material orgânico no contexto regional do aterro.

2.5. Determinação da capacidade de geração de metano (L₀)

A capacidade de geração de metano, representada pelo parâmetro L₀, refere-se ao volume potencial de metano que pode ser gerado por tonelada de resíduo sólido urbano disposto em condições anaeróbias. Essa variável está diretamente relacionada à fração biodegradável dos resíduos, sendo influenciada principalmente pela composição gravimétrica, especialmente pelos teores de matéria orgânica, papel, papelão e outros materiais passíveis de degradação microbiológica. Adotou-se o valor de L₀ = 170 m³ CH₄ t⁻¹, com base nos intervalos recomendados por Conestoga-Rovers & Associates (2004) para resíduos moderadamente degradáveis. A seleção desse valor foi fundamentada na análise da composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos dos municípios integrantes da área de estudo, cujos dados foram obtidos no Plano Estadual de Resíduos Sólidos de Mato Grosso (PERS-MT, 2020). Os valores de referência adotados são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Intervalos de valores sugeridos de L₀ conforme grau de degradação correspondentes.

VALORES SUGERIDOS PARA L ₀ NO MODELO LANDGEM E SCHOLL-CANYON		
CATEGORIZAÇÃO DOS RESÍDUOS	VALOR MÍNIMO DE L ₀ (m ³ /t)	VALOR MÁXIMO DE L ₀ (m ³ /t)
Relativamente Inerte	5	25
Moderadamente Degradável	140	200
Altamente Degradável	225	300

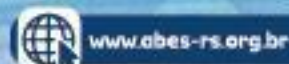
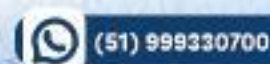
Realização



Correalizadores



Apoio Institucional



Fonte: CONESTOGA-ROVERS & ASSOCIATES.

Para este estudo, adotou-se o valor de $L_0 = 170 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{ton}$, com base nos intervalos recomendados por Conestoga-Rovers & Associates (2004) para resíduos moderadamente compostáveis, conforme apresentado em tabela técnica anteriormente discutida. A escolha desse valor intermediário fundamenta-se na análise da composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos dos municípios que apresentaram dados de composição gravimétrica ao Plano Estadual de Resíduos Sólidos de Mato Grosso (PERS-MT, 2020).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a estimativa da geração anual de resíduos sólidos urbanos no horizonte de 20 anos, adotou-se como parâmetro inicial o índice per capita de $0,86 \text{ kg.hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$, conforme indicado no Plano Estadual de Resíduos Sólidos de Mato Grosso – PERS-MT (2020). A fim de considerar a tendência de aumento no consumo e descarte ao longo do tempo, foi aplicada uma taxa de crescimento anual de 1% sobre o per capita, conforme metodologia descrita por Silva (2021).

A projeção populacional foi realizada por meio do método aritmético, utilizando como base os dados demográficos dos municípios de Cuiabá, Várzea Grande e Santo Antônio do Leverger. Para o ano de 2042, o total populacional projetado para o consórcio foi de 1.206.361 habitantes, valor utilizado para estimativa da geração de resíduos no último ano do horizonte analisado.

A partir da combinação dos dados populacionais e dos índices per capita ajustados ao longo do tempo, foi obtida a massa acumulada de resíduos sólidos urbanos gerados ao longo dos 20 anos, totalizando 7.956.120 toneladas, conforme tabela 4.

Tabela 4. Projeção populacional do consórcio de municípios.

ANO	POPULAÇÃO (hab) (IBGE)	TAXA DE CRESCIMENTO PER CAPITA (%) (SILVA,2021)	PER CAPITA (kg/hab.dia) (PERS-MT)	MASSA DE RESÍDUOS (t)
2022	966.201	1	0,86	303.290
2023	978.209	1	0,87	310.130
2024	990.217	1	0,88	317.077
2025	1.002.225	1	0,89	324.131
2026	1.014.233	1	0,89	331.295
2027	1.026.241	1	0,90	338.569
2028	1.038.249	1	0,91	345.956
2029	1.050.257	1	0,92	353.457
2030	1.062.265	1	0,93	361.073

Realização



Apoio Institucional



Correalizadores



(51) 999330700



abes-rs@abes-rs.org.br



www.abes-rs.org.br

2031	1.074.273	1	0,94	368.806
2032	1.086.281	1	0,95	376.658
2033	1.098.289	1	0,96	384.630
2034	1.110.297	1	0,97	392.724
2035	1.122.305	1	0,98	400.941
2036	1.134.313	1	0,99	409.283
2037	1.146.321	1	1,00	417.752
2038	1.158.329	1	1,01	426.349
2039	1.170.337	1	1,02	435.076
2040	1.182.345	1	1,03	443.936
2041	1.194.353	1	1,04	452.929
2042	1.206.361	1	1,05	462.058
Total				7.956.120

Fonte: Autoria própria.

Estimou-se através do LandGEM uma produção acumulada de 348.106.964 m³ de metano ao longo de 20 anos de operação do aterro sanitário, considerando os resíduos provenientes do consórcio formado pelos municípios de Cuiabá, Várzea Grande e Santo Antônio do Leverger. A curva de geração anual apresentou comportamento típico de aterros sanitários em operação contínua, com crescimento progressivo nos primeiros anos, seguido de um pico de produção no ano de 2043, quando foram estimados aproximadamente 27.272.793 m³/ano.

Além da estimativa realizada pelo modelo anteriormente discorrido, também foi aplicada a equação do modelo Scholl-Canyon, proposto pelo Banco Mundial, com o objetivo de validar os resultados obtidos a partir de um modelo comparável e amplamente utilizado em estudos internacionais. Considerando a abertura do aterro em 2022 e a disposição de resíduos até 2042, a produção total de metano estimada pelo modelo Scholl-Canyon foi de 478.474.672 m³, com pico de geração igualmente em 2043, atingindo 41.642.703 m³/ano, representado na tabela 5.

Embora os valores absolutos apresentem diferenças significativas, a coincidência no comportamento da curva de geração e no ano de pico não está necessariamente relacionada à confiabilidade dos modelos, mas sim ao fato de que ambos se baseiam em uma equação cinética de primeira ordem, que considera a decomposição progressiva da matéria orgânica ao longo do tempo de disposição. Ao comparar os resultados, observa-se que a estimativa do modelo Scholl-Canyon foi aproximadamente 37,4% superior à do modelo LandGEM.

Realização



Apoio Institucional



Correalizadores



(51) 999330700

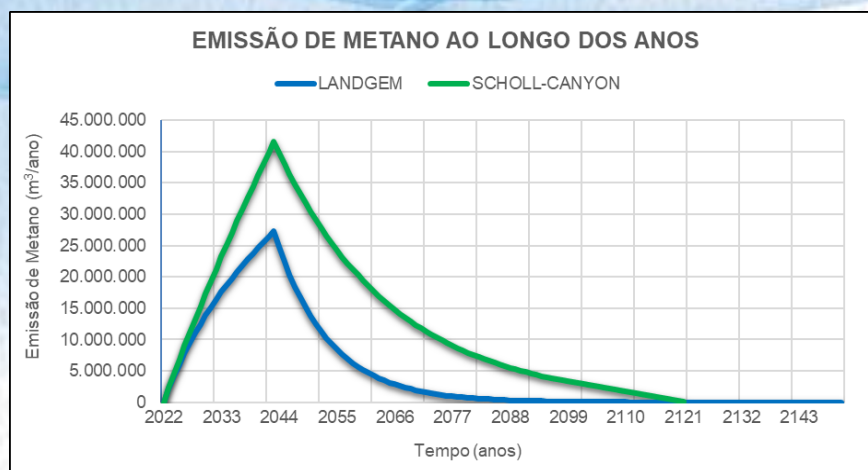


abes-rs@abes-rs.org.br



www.abes-rs.org.br

Tabela 5. Resultados do LandGEM/Scholl-Canyon.



Fonte: Autoria própria.

O pico de geração de metano ocorre devido à concentração da fração biodegradável dos resíduos acumulados ao longo dos anos anteriores, especialmente considerando o tempo médio necessário para que a matéria orgânica passe pelas etapas de digestão anaeróbica. À medida que novas camadas de resíduos são depositadas, a atividade microbiológica se intensifica, promovendo uma maior liberação de metano.

Após atingir o ápice, observa-se uma tendência decrescente na geração de metano, o que é característico de aterros sanitários que se aproximam do esgotamento da fração biodegradável. Isso ocorre porque, com o passar dos anos, a maior parte da matéria orgânica já foi degradada e os resíduos remanescentes possuem menor capacidade de gerar metano. Além disso, as condições internas do aterro, como a disponibilidade de umidade e nutrientes, tendem a se tornar menos favoráveis à atividade microbiológica à medida que o sistema se estabiliza, caracterizando a fase de maturação.

Do ponto de vista estratégico, a utilização desses modelos permitiu identificar o período de maior atividade biológica, bem como o início da fase de estabilização dos resíduos, marcada pela redução gradativa da geração de metano. Esse diagnóstico é essencial para planejar o monitoramento ambiental pós-encerramento, conforme diretrizes da Resolução CONAMA n.º 316/2002, e também para minimizar riscos ambientais associados à presença de matéria orgânica instável.

Além disso, a comparação entre os métodos evidencia que modelos de estimativa de metano não devem ser utilizados apenas para quantificar o potencial energético, mas sobretudo como instrumentos de gestão climática. Eles permitem prever o tempo necessário para que os resíduos dispostos deixem de representar passivos ambientais significativos, contribuindo para a construção de cenários mais seguros e ambientalmente equilibrados. Como apontam Da Silva et al. (2023), a capacidade dos modelos em antecipar a estabilização do sistema é fundamental para alinhar a

Realização



Apoio Institucional



Correalizadores



(51) 999330700



abes-rs@abes-rs.org.br



www.abes-rs.org.br

disposição final de resíduos às diretrizes da economia regenerativa, ao permitir decisões baseadas em evidências quanto ao encerramento técnico e ao uso futuro do espaço ocupado pelo aterro.

Por fim, embora o modelo Scholl-Canyon tenha apresentado valores mais elevados, sua aplicação conjunta com o LandGEM fornece um intervalo de estimativas plausível, que, quando bem interpretado, contribui para diagnósticos mais robustos e políticas públicas mais resilientes frente às mudanças climáticas.

4. CONCLUSÃO

A comparação entre os modelos LandGEM e Scholl-Canyon destacou a importância da modelagem matemática como ferramenta estratégica para o planejamento, monitoramento e gestão ambiental de aterros sanitários. Para o consórcio formado por Cuiabá, Várzea Grande e Santo Antônio do Leverger, ambos os modelos, baseados em equação cinética de primeira ordem, apresentaram estimativas distintas: 348.106.964 m³ de metano pelo LandGEM e 478.474.672 m³ pelo Scholl-Canyon, diferença de 37,4%. Contudo, coincidiram quanto ao pico de geração em 2043, confirmando a confiabilidade na representação temporal da decomposição anaeróbia. Esses resultados indicam que os modelos são mais do que quantificadores de emissões ou energia, funcionando como diagnósticos do estágio de estabilização dos resíduos, essenciais para planejar controle, encerramento técnico e monitoramento ambiental, assegurando sustentabilidade e mitigação climática. Além disso, ao identificar a fase de maturação dos resíduos e a consequente redução da geração de metano, possibilitam uma abordagem alinhada à economia regenerativa, orientando intervenções antrópicas e subsidiando políticas públicas fundamentadas em dados técnicos e projeções realistas.

5. REFERÊNCIAS

ANDRADE, M. Á.; GUERREIRO, L. H. H.; BASTOS, L. C. S.; et al. Estimativa da geração de biogás em aterros sanitários nos municípios de Ananindeua/PA e Marabá/PA. In: SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL (SILUBESA), 21., 2021. Anais [...]. Rio de Janeiro: ABES, 2021.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 316, de 29 de outubro de 2002. Dispõe sobre procedimentos e critérios para o funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, n. 211, p. 106–107, 31 out. 2002.

CONESTOGA-ROVERS & ASSOCIATES. Landfill Gas Management Facilities Design Options. Ontario: CRA, 2004.

DA SILVA, L. F.; LIMA, J. M.; FALLAHIZADEHARIZADEH, S. Optimization of landfill gas generation based on a modified first-order decay model: a case study in the province of Quebec, Canada. Environmental Systems Research, v. 12, p. 1-15, 2023.

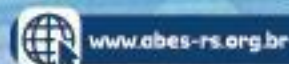
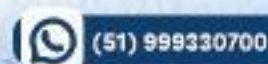
Realização



Apoio Institucional



Correalizadores



EL-DEIR, S. G.; SANTOS, M. F. S.; GUEDES, F. L.; MEDEIROS, R. M. Biometano e as políticas nacionais de biocombustíveis e resíduos sólidos: contribuições para a harmonização regulatória brasileira. In: SANTANA, R. F.; ARAGÃO JUNIOR, W. R.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). Resíduos sólidos: boas práticas e impactos socioambientais. Recife: EDUFRPE, 2023. p. 203–213.

EPA – UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Landfill Gas Emissions Model (LandGEM) User's Guide. Washington, D.C.: EPA, 2021.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Demográfico 2022: Resultados preliminares. Brasília, 2022.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. Sixth Assessment Report. Geneva, 2021.

MATO GROSSO. Plano Estadual de Resíduos Sólidos de Mato Grosso (PERS-MT). Cuiabá: Secretaria de Estado de Meio Ambiente, 2020.

SILVA, Hellen Luisa de Castro et al. Gerenciamento de resíduos sólidos orgânicos do Consórcio do Maciço de Baturité: Análise técnica e econômica da geração de biogás por aterro sanitário e usina de digestão anaeróbia. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 26, p. 855–864, 2021.

SILVA, W. K. A. S.; TAGLIAFERRO, E. R. Aterro sanitário – a engenharia na disposição final de resíduos sólidos. Brazilian Journal of Development, v. 7, p. 12216–12236, 2021.

Realização



Apoio Institucional



Correalizadores



(51) 999330700



abes-rs@abes-rs.org.br



www.abes-rs.org.br