

INDICADORES AMBIENTAIS APLICADOS À AVALIAÇÃO DE ATERROS SANITÁRIOS: INSIGHTS DE UM ESTUDO DE CASO NO LITORAL DO PARANÁⁱ

ENVIRONMENTAL INDICATORS APPLIED TO THE ASSESSMENT OF LANDFILLS: INSIGHT FROM A CASE STUDY ON THE COAST OF PARANÁ

Eduarda Karolina Miranda¹

Cesar Aparecido da Silva²

Resumo

O presente estudo teve como objetivo avaliar a qualidade ambiental de um aterro sanitário localizado no litoral do Paraná, por meio de visitas técnicas e da aplicação do Índice de Qualidade Ambiental de Aterro (IQR), seguindo a metodologia proposta pela CETESB. Observou-se que o aterro atende quatro municípios do litoral paranaense: Paranaguá, Pontal do Paraná, Antonina e Morretes abrangendo cerca de 213 mil habitantes. O aterro recebe em média 350 ton de resíduos por dia, podendo chegar a 500 toneladas na alta temporada. A estrutura do aterro conta com 68 funcionários fixos, área de 500.000 m², 14 equipamentos para transporte e compactação, além de controle de cargas via QR Code, com atualização em tempo real. O chorume gerado é tratado por osmose reversa e filtros de zeólita, e o efluente tratado é descartado no Rio Jacaré. O IQR obtido foi de 8,3, classificado como desempenho ambiental adequado. Apesar da boa avaliação, o estudo sugere a realização de análises sobre o grau de compactação dos resíduos, a recirculação do chorume nas células para reduzir o descarte no corpo hídrico e a implementação de programas ambientais voltados ao controle da presença de aves no local. A aplicação do IQR mostrou-se eficiente para identificar possíveis não conformidades e oportunidades de melhoria, podendo subsidiar ações que garantam a evolução contínua da gestão ambiental do aterro.

Palavras-chave: Índice de qualidade de aterro sanitário; desempenho ambiental; tratamento de resíduos sólidos urbanos.

Artigo Original: Recebido em 26/05/2025 – Aprovado em 08/04/2026 – Publicado em: 28/07/2026

¹ Engenheira Ambiental e Sanitária, Universidade Federal do Paraná, Centro de Estudos do Mar, Pontal do Paraná, Paraná, Brasil. e-mail: eduarda.miranda@ufpr.br ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-0489-4163>

² Engenheiro Ambiental, MBA em Gestão Ambiental, Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho, Mestrado e Doutorado em Ecologia e Conservação, Professor do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal do Paraná, Pontal do Paraná, Paraná, Brasil. e-mail: cesar.silva@ufpr.br ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8057-2372> (autor correspondente)

Abstract

The present study aimed to assess the environmental quality of a sanitary landfill located on the coast of Paraná, Brazil, through technical visits and the application of the Landfill Environmental Quality Index (EQI), following by CETESB methodology. The landfill serves four Paraná coastal municipalities: Paranaguá, Pontal do Paraná, Antonina and Morretes and covering about of 213,000 inhabitants. On average, the landfill receives 350 tons of waste per day, reaching up to 500 tons during the high season. The landfill's structure includes 68 permanent employees, a total area of 500,000 m², 14 pieces of equipment for waste transport and compaction, and a real-time load control system using QR Codes. The landfill effluent is treated through reverse osmosis and zeolite filters, and the final effluent is discharged into the Jacaré River. The calculated EQI was 8.3, which is classified as adequate environmental performance. Despite this positive evaluation the study suggests further analysis of the compaction level of the deposited waste, the recirculation of effluent to landfill cells to reduce the discharge into the receiving body, and the implementation of environmental programs to prevent the presence of birds in the area. The application of the EQI proved to be an effective tool for identifying non-conformities and improvement opportunities, supporting the development of actions that ensure the continuous improvement to the landfill environmental management.

Keywords: Landfill quality index; environmental performance; urban solid waste treatment.

1 Introdução

O crescimento populacional, a urbanização acelerada e padrões de consumo insustentáveis levaram a uma geração crescente de resíduos sólidos em todo o mundo (Silva et al., 2021). Entende-se por resíduos tudo aquilo que não possui aproveitamento, advindo das atividades humanas, levando em consideração seu processo ou atividade de origem, assim como as características e os constituintes deste material. Considera-se também todos os rejeitos líquidos que não podem ser despejados em redes públicas de esgoto sem o devido tratamento, tal como lodos provenientes do tratamento de água, e gerados por equipamentos de instalações de controle de poluição (ABNT, 2004).

Mas o termo "resíduo" também pode ser definido como tudo aquilo que sobra de uma atividade, ou seja, aquilo que comumente é chamado de "lixo". No entanto, é importante compreender que, nas atividades humanas, são gerados resíduos e não lixo. Os resíduos possuem valores sociais, econômicos e ambientais que podem ser preservados por meio do descarte e coleta seletivos, visando a reciclagem ou até mesmo a geração de energia (Fernandes; Silva Filho, 2017; Silva, 2013). De acordo com a Organização Mundial da Saúde, mais de 2 bilhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos são produzidos anualmente (OMS, 2021), e só no Brasil, a geração diária chega a cerca de 240 mil toneladas (Rosa, 2017).

A origem dos resíduos é a mais diversa, e podem-se citar os domiciliares, rurais, industriais, hospitalares, entre outros (Almeida et al., 2013). Conhecer sua origem e

classificação, especialmente em relação à sua periculosidade, é de vital relevância para seu correto tratamento e disposição final, pois permite identificar os riscos associados a cada tipo de resíduo e direcionar as medidas de manejo, armazenamento, transporte e descarte de forma a prevenir danos ao meio ambiente e proteger a saúde pública (Tabalipa; Fiori, 2006).

Existem várias tecnologias capazes de tratar os resíduos sólidos de modo a evitar e/ou mitigar os efeitos negativos aos ecossistemas como a compostagem, incineração, reciclagem etc. (Silva, 2013). Porém, ainda são poucos os municípios brasileiros que tratam adequadamente seus resíduos (Siqueira et al., 2017). Dentre as tecnologias de tratamento destacam-se os aterros sanitários, que são obras de engenharia realizadas com o objetivo de evitar a contaminação ambiental quando os resíduos são descartados no solo. a

Entretanto, os aterros sanitários podem causar sérios problemas ambientais tais como a contaminação do solo, da água e do ar, além de colocar em risco a saúde pública pela possibilidade de propagação de vetores tais como roedores, mosquitos e baratas quando projetados ou operados inadequadamente e, por isso, é imprescindível o uso de ferramentas de diagnóstico e monitoramento de sua qualidade ambiental tal como Índice de Qualidade de Aterros Sanitários (IQR).

O Índice de Qualidade de Aterros Sanitários ao utilizar uma metodologia de verificação de atendimentos legais e normas técnicas de projeto, constitui-se em uma importante ferramenta de monitoramento e controle de aterros sanitários, pois auxilia no estabelecimento das medidas corretivas necessárias para melhorar a área e obter uma avaliação satisfatória. Com isso, promove-se uma gestão mais eficiente e sustentável dos resíduos sólidos (Guimarães, 2009).

Neste contexto, esse trabalho tem por objetivo avaliar a qualidade ambiental de um aterro sanitário localizado no litoral do Estado do Paraná utilizando o IQR, e propor medidas corretivas ou de melhorias para possíveis não conformidades encontradas.

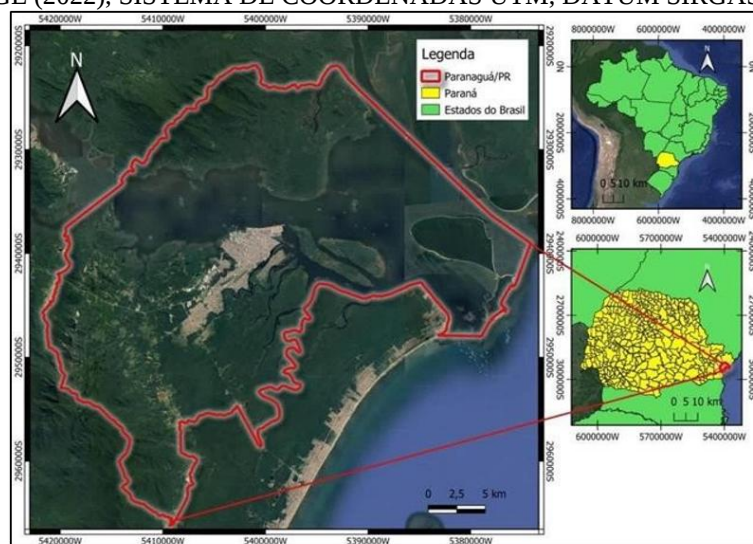
2 Metodologia

2.1 Local de Estudo

O aterro sanitário deste estudo está localizado no município de Paranaguá, litoral do Estado do Paraná, na região Sul do Brasil (Figura 1), e que apresenta uma população estimada de cerca de 157.378 habitantes (IBGE, 2022). A cidade é uma das mais antigas do país e

desempenha um papel importante como centro econômico, especialmente devido ao porto internacional, e turístico da região litorânea paranaense. Paranaguá está localizado a uma altitude de 5 m em relação ao mar, possuindo as seguintes coordenadas geográficas: Latitude: 25° 31' 14" Sul, Longitude: 48° 30' 34" Oeste. De acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger, o município de Paranaguá apresenta a classe Cfa com característica de verão quente, com grande teor de umidade e diversas ocorrências de precipitação durante todos os meses do ano (Salesbram; Roseghini, 2019).

FIGURA 1 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO: MUNICÍPIO DE PARANAGUÁ, ESTADO DO PARANÁ. IBGE (2022), SISTEMA DE COORDENADAS UTM, DATUM SIRGAS 2000, ZONA 22



FONTE: Os autores (2026).

O município de Paranaguá se destaca por sua importância econômica, especialmente devido ao Porto de Paranaguá que é considerado um dos maiores portos do Brasil e da América Latina sendo responsável pelo escoamento de mercadorias como grãos, fertilizantes, contêineres e veículos, desempenhando um papel estratégico na economia do estado do Paraná e do país (Almeida et al., 2013), gerando uma quantidade considerável de resíduos sólidos.

Além disso, O litoral paranaense possui uma extensão de aproximadamente 826,7 km² com praias de areias claras e águas geralmente frias devido à influência da corrente marítima da Antártida. No verão, são muito procuradas por turistas e moradores locais proporcionando um ambiente propício para o lazer e atividades náuticas, o que atrai centenas de milhares de turistas em época de veraneio, resultando no aumento expressivo da geração de resíduos (Silva et al., 2021).

2.2 Obtenção dos Dados

A obtenção dos dados para avaliar o desempenho ambiental do aterro foi realizada através de uma abordagem metodológica que envolveu a pesquisa direta e visitas *in situ* na empresa que administra o aterro sanitário avaliado. Foram feitos agendamentos prévios com a empresa, permitindo a observação das instalações, processos e produtos em seu local físico. Durante as visitas, foram realizadas entrevistas com os responsáveis pela empresa, com o intuito de coletar informações relevantes sobre a gestão do aterro e sua operação.

Também foi conduzida uma pesquisa documental onde foram consultados registros públicos, e analisados os dados cadastrais, as informações obtidas em órgãos reguladores, os relatórios de sustentabilidade do aterro e outros documentos pertinentes.

Além disso, foi descrito o detalhamento das características do aterro sanitário em relação à acomodação dos resíduos recebidos, conforme recomendado por Yin (2001). Para esse fim, os diversos componentes da estrutura do aterro sanitário foram analisados, utilizando-se a metodologia IQR empregada pela CETESB (2015) para a qualificação e fiscalização de aterros sanitários (Equação 1).

$$\text{IQR} = \text{Subtotal 1} + \text{Subtotal 2} + \text{Subtotal 3} / 13 \quad (1)$$

Onde:

- Subtotal 1: Parâmetros de Ordem Sanitária, Subtotal
- Subtotal 2: Parâmetros de Ordem Sanitária e Subtotal
- Subtotal 3: Parâmetros de Ordem operacional.

Os parâmetros utilizados para o cálculo do IQR - Condições Operacionais: Ordem Sanitária (Subtotal 1) foram: capacidade de suporte do solo, proximidades de núcleos habitacionais, proximidades de corpos d'água, profundidade do lençol freático, permeabilidade do solo, disponibilidade de material para recobrimento, qualidade do material para recobrimento, condições do sistema viário, trânsito e acessos, isolamento visual da vizinhança e legislação da localização.

Para o cálculo do IQR - Condições Operacionais: Ordem Ambiental (Subtotal 2) foram utilizados os seguintes parâmetros: cercamento da área, portaria/guarita, drenagem do chorume, drenagem de águas pluviais (definitiva), drenagem de águas pluviais (provisória), trator de esteiras ou compatível, outros equipamentos, trânsito e acesso, sistema de tratamento do chorume, acesso a frente de trabalho, vigilantes, sistema de drenagem de gases, controle de

recebimento de cargas, monitoramento de águas subterrâneas e atendimento às especificações do projeto.

Já para o cálculo do IQR - Condições Operacionais: Ordem Operacional (Subtotal 3) os seguintes parâmetros foram mensurados: aspecto geral, ocorrência de lixo a descoberto, recobrimento do lixo, presença de urubus ou gaivotas, presença de moscas em grandes quantidades, presença de catadores, criação de animais (bois, porcos, etc.), descarga de resíduos de serviços de saúde, funcionamento de drenagem pluvial (definitiva), funcionamento de drenagem pluvial (provisória), funcionamento de drenagem do chorume, funcionamento do sistema de drenagem do chorume, funcionamento do sistema de monitoramento de águas subterrâneas, eficiência da equipe de vigilantes e manutenção dos acessos internos.

Uma vez obtidos os dados do IQR, foi avaliado o desempenho do aterro sanitário em relação aos critérios estabelecidos pelo índice, conforme CETESB (2015), seguindo a seguinte classificação (Tabela 1).

TABELA 1 - CLASSIFICAÇÃO DO DESEMPENHO AMBIENTAL DE ACORDO COM O IQR

IQR	Avaliação
0 a 7	Condições Inadequadas (I)
7,1 a 10	Condições Adequadas (A)

FONTE: Adaptado da CETESB (2015).

Com base no diagnóstico realizado *in situ* e levando em consideração o Índice de Qualidade de Aterro, foram propostas algumas melhorias para o aterro sanitário, quando pertinentes, visando aprimorar sua eficiência e reduzir os impactos ambientais tais como ações relacionadas ao controle de gases, controle de líquidos percolados, monitoramento da qualidade do solo e das águas subterrâneas.

3 Resultados e discussão

Observou-se que o aterro sanitário em estudo, que iniciou suas atividades na região em 2007, porém, com outra gestora, atende 4 municípios localizados no Litoral do Paraná: Paranaguá, Pontal do Paraná, Antonina e Morretes o que representa um total de 213 mil habitantes (Silva et al., 2021). Ressalta-se, entretanto, que em épocas de alta temporada na região litorânea, a população flutuante tende a aumentar consideravelmente. No período de baixa temporada o aterro recebe diariamente 350 ton de resíduos, mas em alta temporada esse

valor chega a 500 ton/dia, tendo picos de recebimento geralmente no dia 02 de janeiro onde atinge aproximadamente 700 ton.

O aterro conta com 4 células já aterradas e 1 célula a ser completada, totalizando 5 células durante seu tempo de vida útil. O aterro conta com 68 funcionários fixos, e a maior parte possui residência nas imediações. A área total do aterro é de 500.000 m², sendo ocupados atualmente 90.000 m² destinados especificamente ao aterro, e conta com uma cortina vegetal em todo seu perímetro de aproximadamente 20 m de extensão. Possui 10 poços de captação de monitoramento de águas subterrâneas, cuja as análises físico-químicas são realizadas por uma empresa terceirizada, sendo que as análises de água subterrâneas são realizadas duas vezes ao ano, enquanto as análises de águas superficiais são conduzidas trimestralmente.

Em relação ao contingente de equipamentos, evidenciou-se que o aterro conta com 14 equipamentos próprios para transporte e compactação dos resíduos recebidos, sendo eles: 7 caminhões, 1 carreta, 3 tratores, 2 escavadeiras e 1 retroescavadeira. Diariamente é feita a compactação dos resíduos, com passagem entre sete a oito vezes das retroescavadeiras.

Observou-se neste trabalho a logística de recebimento dos resíduos que, sucintamente, pode ser sumarizado da seguinte forma: na portaria da empresa é feito o controle através das câmeras, onde todo caminhão que chega é pesado, tem sua placa registrada e é feita a identificação do resíduo sólido. Todos os caminhões podem ser localizados em tempo real através de um QR CODE que vem anexado junto a documentação de entrada e saída do caminhão, respectivo a carga transportada. Todas as informações coletadas na portaria são planilhadas e armazenadas para controle.

No decorrer do processo de recebimento/transporte dos resíduos, alguns impactos ambientais podem ocorrer tais como vazamento de chorume, queda de resíduos nas vias provocando exalação de odores, especialmente devido as vias de acesso ao aterro não estarem asfaltadas. Além disso, como a estrada não possui pavimentação, a empresa que administra o aterro disponibiliza um caminhão pipa para diminuir o pó levantado pelos caminhões na estrada. Já dentro do aterro, os principais impactos ambientais são a produção de chorume e de gases. A empresa possui a detenção dos direitos minerários de um terreno localizado próximo ao aterro, de onde é retirada a terra para recobrimento.

Durante as visitas *in situ*, observou-se que o aterro possui taludes de 6 m com inclinação de 45° graus (1V:1H), e taludes de contenção de terra com aproximadamente 10 metros de comprimento. O projeto determina a divisão em camadas, com elevação de 6 em 6 m entre

resíduo e terra. Para garantir a compactação ideal dos resíduos, o trator passa de 7 a 8 vezes sobre o material. É feito um recobrimento com terra entre as camadas, e recoberto lateralmente com geomembrana de PEAD (Polietileno de Alta Densidade) ou PVC (policloreto de vinila), com objetivo de reduzir o odor exalado pelos resíduos, fazer o isolamento do mesmo e também de prover mais estabilidade.

Durante a biodegradação da matéria orgânica é formado o chorume, sendo que a drenagem superficial nas células do aterro o capta para conduzi-lo ao tratamento. Neste trabalho, observou-se que o chorume é drenado através de uma cobertura com pedras rachão, dispostas entre as camadas. A pedra rachão é composta de um material firme, provendo menor desprendimento de poeira o que reduz o entupimento dos vasos com sólidos incrustados e, por possuir um tamanho maior, também concede mais espaços vazios diminuindo riscos de esmagamento dos tubos de drenagem do chorume (Gonzaga; Bezerra; Oliveira, 2020). Em seguida é feita uma cobertura com tecido bidim, com intuito de filtração parcial do chorume que passou pela pedra rachão, realizando a retenção dos sólidos indesejados.

O chorume é então conduzido entre os vazios para as manilhas de captação com diâmetro de 60 cm nos drenos verticais e drenos de fundo, formando uma espinha de peixe de 1 m. O chorume é conduzido pelos tubos de drenagem até as duas lagoas de armazenamento de chorume bruto presentes no local, por bombeamento, ou gravidade, dependendo da localização do drenante. Antes do tratamento de osmose reversa ser iniciado, é feito o bombeamento desse chorume a 10 m³/h, conduzindo-o até um filtro de pano para retirada de sólidos grosseiros. Após, ele passa por um filtro de areia, e então é conduzido para o tanque de equalização, onde é adicionado ácido sulfúrico para a equalização do pH.

Com o pH ajustado, é iniciado o processo de osmose reversa no tratamento primário. O processo é feito em duas fases. Na primeira, o chorume passa por seis vasos de porcelana, onde cada vaso possui seis membranas. O filtro de porcelana gera uma pressão elevada, fazendo com que ocorra a permeabilidade do líquido através dele, retendo os sólidos como metais pesados, entre outras substâncias. A fase dois faz um refinamento com a retenção dos materiais sólidos ainda presente no chorume ao obrigar o efluente a passar por mais dois filtros.

Todos os filtros passam por um processo de limpeza para retirada dos sólidos que ficam suspensos, para evitar perda de eficiência e aumentar a sua vida útil, uma vez que possui um custo elevado, cerca de R\$ 7.596,00 por membrana. Depois das duas fases da osmose reversa concluídas, o líquido é passado novamente pelo ajuste de pH para adequação nas normas do

padrão de lançamento de efluentes, que deve se enquadrar entre pH 5 e 9 segundo a Resolução CONAMA 357/2005 (Brasil, 2005). Dos 10 m³ por hora que é iniciado o processo, aproximadamente 7 m³ do efluente são encaminhados para os cinco tanques de efluentes tratados presentes no local.

Verificou-se nos documentos avaliados que algumas amostras enviadas para análise pelo Instituto Água Terra (IAT), demonstraram níveis altos de nitrogênio amoniacal (NH₄⁺), mesmo após todo tratamento feito. Assim, por determinação do IAT, foi necessário a adoção de um tratamento secundário dos efluentes, sendo adotado o Filtro de Zeólita. Após os efluentes passarem por esse último filtro, são bombeados para os isotanques de armazenamento.

Neste contexto, sugere-se para a melhora do tratamento do efluente o retorno por bombeamento do chorume *in natura* para as células de resíduos, conforme recirculação orientada pela Resolução CEMA 86/2013, aproveitando a carga microbiana deste chorume, realizando um ciclo fechado, diminuindo o descarte no corpo hídrico receptor.

Por fim, o efluente tratado é despejado no Rio Jacareí, que possui linhas adutoras de 10 km. O Rio encontra-se em local mais baixo em relação à estação de tratamento, favorecendo o funcionamento do fluxo de escoamento, pois o líquido desce por gravidade, embora possua uma boba que pode ser acionada quando preciso. Observou-se que dos 10 m³/hora que são processados durante o tratamento, 7 m³/hora conseguem tratamento efetivo, gerando 70% de eficiência do processo completo. E 3 m³/hora resultam em lodo, que são bombeados para a Lagoa de Lodo Residual, após o fim do tratamento primário.

Em relação ao índice de qualidade de aterro, verificou-se que o aterro em estudo atingiu o IQR de 8,3 que, segundo a classificação da CETESB (2015), é considerado adequado (Tabela 2). Dentre os parâmetros avaliados que se destacaram positivamente estão os relacionados aos aspectos pertinentes ao solo como a capacidade de suporte e permeabilidade, a eficiência do sistema de drenagem de águas e do chorume e seu respectivo tratamento, além da captação dos gases oriundos do processo do tratamento dos resíduos. Elenca-se também o engajamento da empresa em sua preocupação com a população local, assim como na manutenção das vias de acesso.

TABELA 2 - AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DE ATERRO - IQR APLICADO NO ATERRO SANITÁRIO EM ESTUDO

				Continua
ORDEM	Parâmetro	Avaliação	Peso	Valor Obtido
ORDEM SANITÁRIA	Capacidade de suporte do solo	Adequada Inadequado	2 0	2
	Proximidades de núcleos habitacionais	Longe > 500 m Próximo	2 0	2
	Proximidades de corpos d'água	Longe > 200 m Próximo	5 0	5
	Profundidade do lençol freático	> 3 m 1 a 3 m	5 1	5
	Permeabilidade do solo	Baixa Média Alta	4 2 0	0
	Disponibilidade de material para recobrimento	Suficiente Insuficiente Nenhuma	2 1 0	2
	Qualidade do material para recobrimento	Boa Ruim	2 0	2
	Condições do sistema viário, trânsitos e acessos	Boas Regulares Ruins	3 1 0	3
	Isolamento Visual e Físico da vizinhança	Bom Ruim	5 0	5
	Legislação da Localização	Local Permitido Local Proibido	5 0	5
	Subtotal 1			31
ORDEM AMBIENTAL	Cercamento da área	Sim Não	2 0	2
	Portaria, Balança e Vigilância	Sim Não	2 0	2
	Drenagem do chorume	Suficiente Insuficiente Inexistente	5 1 0	5
	Drenagem de águas pluviais(Definitiva)	Suficiente Insuficiente Inexistente	4 3 0	4
	Drenagem de águas pluviais(Provisória)	Suficiente Insuficiente Inexistente	2 1 0	2
	Outros Equipamentos, trânsito e acesso	Sim Não	1 0	1
	Sistema de tratamento do Chorume	Existente Inexistente/Insuficiente	5 0	5
	Acesso a frente de Trabalho	Bom Ruim	3 0	3
	Vigilantes	Sim Não	1 0	1
	Sistema de drenagem de gases	Suficiente Insuficiente Inexistente	3 2 0	3

				Termina
ORDEM	Parâmetro	Avaliação	Peso	Valor Obtido
ORDEM AMBIENTAL (Cont.)	Controle do recebimento de cargas	Sim	2	2
		Não	0	
	Monitoramento de águas subterrâneas	Suficiente	3	3
		Insuficiente	2	
		Inexistente	0	
Atendimento às especificações do projeto	Sim Parcialmente Não	2	2	
		1		
			0	
			Subtotal 2	35
ORDEM OPERACIONAL	Aspecto Geral	Bom	4	4
		Ruim	0	
	Ocorrência de lixo a descoberto	Não	4	4
		Sim	0	
	Recobrimento do lixo	Adequado	4	4
		Inadequado	1	
		Inexistente	0	
	Presença de urubus ou gaivotas	Sim	1	1
		Não	0	
	Presença de moscas em grandes quantidades	Sim	0	2
		Não	2	
	Presença de catadores	Não	3	3
		Sim	0	
	Criação de animais (bois, porcos, etc.)	Não	3	3
		Sim	0	
Descarga de resíduos de serviço de saúde	Não	3	3	
	Sim	0		
Descarga de resíduos industriais	Não/Adequado	4	4	
	Sim/Inadequado	0		
ORDEM OPERACIONAL	Funcionamento de drenagem pluvial (definitiva)	Bom	2	2
		Regular	1	
		Inexistente	0	
	Funcionamento de drenagem pluvial (Provisória)	Bom	2	2
		Regular	1	
		Inexistente	0	
	Funcionamento de drenagem do chorume	Bom	3	3
		Regular	2	
		Inexistente	0	
	Funcionamento do sistema de tratamento do chorume	Bom	3	3
		Regular	2	
		Inexistente	0	
	Funcionamento do sistema de monitoramento de águas subterrâneas	Bom	2	2
		Regular	1	
		Inexistente	0	
Eficiência da equipe de vigilantes	Bom	1	1	
	Ruim	0		
Manutenção dos acessos internos	Bom	2	2	
	Regular	1		
			0	
			Subtotal 3	43
			TOTAL	109
			IQR	8,3

FONTE: Os autores (2026).

Todavia, apesar do IQR apontar um desempenho ambiental satisfatório para o aterro em estudo, alguns pontos demandam de atenção para melhorias como a presença de urubus e gaivotas no local evidenciados em todos os dias de visitação, o que pode provocar riscos epidemiológicos; melhoria na qualidade dos materiais utilizados para drenagem do chorume; aperfeiçoamento necessário no tratamento do chorume com o procedimento de recirculação, e aumento do número de maquinários disponíveis para diminuir o intervalo entre o recobrimento do resíduo, na intenção de diminuir o tempo que o resíduo fica descoberto.

Além disso, evidenciou-se a falta de estudos para análise do grau de compacta o do solo e dos resíduos após as passagens com a retroescavadeira. Essa avalia o   importante porque conseguiria estimar com mais acurácia o volume que pode ser comportado no aterro, e aumentar sua vida útil caso seja observado que   possível melhorar ainda mais a sua compacta o.

O IQR, como utilizado neste trabalho, tem se tornado uma importante ferramenta para avaliar o desempenho ambiental dos aterros sanitários, indicando que este aterro sanitário avaliado apresenta desempenho ambiental adequado, segundo a classifica o proposta pela CETESB (2015). Esse resultado   compatível com experiências relatadas em outros aterros sanitários de médio porte em diferentes regiões do Brasil tais como os reportados por Duarte e Silva (2019) que avaliou o uso deste  ndice em vários aterros localizados no Estado de São Paulo e, entre outros, foi auferido IQR de 7,5 para o aterro sanitário de Aramina (SP), que recebe cerca de 3,67 ton/dia de resíduos e IQR de 9,2 para o aterro de Ituverava (SP) com recebimento de 31,19 ton/dia, sugerindo a importância do uso do IQR para o levantamento dos parâmetros que estão ou não adequados na opera o do tratamento de resíduos em aterros sanitários, auxiliando a proposi o de melhorias e mitigando possíveis impactos ao meio ambiente, corroborando com os resultados encontrados no presente estudo, onde foi possível verificar os pontos fortes e fracos na opera o do aterro.

Estudos conduzidos por Bocchiglieri (2010) apontaram que o IQR   um  ndice sensível às condi es operacionais e estruturais dos aterros, independentemente da escala de recebimento de resíduos. Nesses estudos, aterros com volumes diários bastante distintos apresentaram classifica es adequadas quando atendiam aos critérios mínimos de controle ambiental, reforçando que o  ndice   aplicável a diferentes realidades operacionais.

Essa constata o corrobora com os resultados encontrados neste trabalho, no qual um aterro que atende a múltiplos municípios, e sofre varia es sazonais expressivas na gera o de

resíduos, manteve desempenho ambiental satisfatório, sugerindo que o uso do IQR possibilita não apenas a avaliação pontual do desempenho ambiental, mas também o acompanhamento contínuo da operação do aterro, subsidiando a proposição de melhorias e o fortalecimento da gestão ambiental, reforçando a aplicabilidade do IQR como ferramenta de diagnóstico ambiental e de apoio à gestão de resíduos sólidos urbanos.

Já no contexto paranaense, estudos semelhantes evidenciaram que a aplicação do IQR permitiu não apenas classificar o desempenho ambiental dos aterros, mas também identificar pontos críticos relacionados à operação, à infraestrutura e ao controle ambiental. Albertin et al. (2011), por exemplo, ao avaliarem o aterro sanitário localizado no município de Cianorte, Estado do Paraná, que recebe 49,71 ton de resíduos diariamente, obtiveram um IQR de 10,0, considerado excelente, destacando a eficiência dos sistemas de drenagem, recobrimento dos resíduos e monitoramento ambiental. Embora o aterro de Cianorte opere com uma quantidade diária de resíduos significativamente inferior à do aterro analisado neste estudo, os resultados demonstram que a adoção de boas práticas operacionais e de gestão ambiental sistematizada influencia positivamente o desempenho global do empreendimento.

Além do contexto nacional, experiências internacionais em regiões com características territoriais e ambientais semelhantes às do litoral paranaense indicam que a utilização de indicadores ambientais é fundamental para a avaliação da sustentabilidade de aterros sanitários. Em áreas com elevada pluviosidade, solos com características específicas e sensibilidade ambiental acentuada, como zonas costeiras, a aplicação de índices de desempenho auxilia na identificação de riscos potenciais, especialmente relacionados à geração e ao manejo do chorume, à estabilidade das células e ao monitoramento de águas subterrâneas, como a reportada pelo relatório da United Nations Environment Programme (UNEP, 2018) para a América Latina e o Caribe.

De modo geral, a aplicação do IQR contribui para ampliar o entendimento sobre a eficiência do uso de indicadores ambientais em aterros sanitários, reforçando sua relevância como instrumento técnico para o planejamento, o monitoramento e a melhoria contínua da disposição final de resíduos sólidos urbanos.

Neste trabalho, dentre as melhorias que poderiam ser sugeridas para a melhoria do desempenho ambiental estão as relacionadas à triagem dos resíduos para diminuição da perda de materiais com potencial reciclável e de compostagem, além da troca das geomembranas por materiais que possuam proteção contra raios UV, e que detenham uma vida útil mais prolongada

em contraste com os atuais 5 anos das geomembranas utilizadas. Recomenda-se também a elaboração de estudos para aproveitamento do biogás gerado pelo processo anaeróbico do tratamento dos resíduos, e a implementação de uma avaliação da porcentagem de redução do volume original do resíduo em função da passagem de equipamentos, auferindo seu grau de compactação, com o intuito de prolongar a vida útil do aterro o que poderia, em tese, aumentar sua capacidade de recebimento de resíduos.

Em síntese, o aterro sanitário atende à legislação pertinente, mas precisa implementar medidas preventivas para evitar a presença de aves. Também deve-se atentar a qualidade dos materiais para recobrimento, que demandam melhorias. Os parâmetros analisados referentes ao tratamento dos seus efluentes, recobrimento de resíduos, manutenção de equipamentos e cercamento da área com a cortina vegetal apresentaram resultados satisfatórios. Em continuidade a esse estudo, recomenda-se um monitoramento periódico anual, visando encontrar não conformidades e corrigi-las, objetivando-se uma melhoria contínua do processo, e estudos relacionados aos processos de reciclagem e compostagem para serem implementadas futuramente no aterro.

4 Considerações Finais

O aterro sanitário recebe resíduos de 4 municípios do litoral paranaense totalizando aproximadamente 350 ton/dia de resíduos em baixa temporada e cerca de 500 ton/dia em período de veraneio, chegando a 700 ton na virada do ano. Possui tratamento para o chorume gerado utilizando filtros de membranas e filtro de zeólita como tratamento secundário. Embora proceda-se o recobrimento diário com solo dos resíduos recebidos, o aterro não possui informação do grau de compactação, e existem aves que o sobrevoam, levando a riscos epidemiológicos. O IQR calculado foi de 8,3 e em face disso, conclui-se que o aterro sanitário possui desempenho ambiental satisfatório.

Referências

ALBERTIN, R. M.; MORAES, E.; DE ANGELIS NETO, G.; DE ANGELIS, B. L. D.; SCHMIDT, C. A. P. Avaliação da disposição final de resíduos sólidos urbanos no município de Cianorte, Paraná. **Tecno-Lógica**, v. 15, n. 2, p. 53-61, 10 ago. 2011.

ALMEIDA, C.A.; SELEME, R.; CARDOSO NETO, J. Rodovia Transoceânica: uma alternativa logística para o escoamento das exportações da soja brasileira com destino à China. **RESR**, Piracicaba, São Paulo, v. 51, n. 2, p. 351-368, Abr/Jun 2013 – Impressa em Julho de 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **ABNT NBR 10004**: Resíduos Sólidos - Classificação. Rio de Janeiro/RJ. 2004

BOCCHIGLIERI, M. M. **O lixiviado dos aterros sanitários em estações de tratamento dos sistemas públicos de esgotos**. 2010. 255f. Tese (Programa de Pós Graduação em Saúde Pública) – Universidade de São Paulo, Faculdade de Saúde Pública. São Paulo, 2010.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 357**, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação de águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional. CONAMA, 2025. Disponível em: https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=450

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – **CETESB**. **Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Urbanos**. São Paulo, 2020. Disponível em: <https://repositorio.cetesb.sp.gov.br/items/add71a2d-84b5-4810-9970-340a183a897c>

DUARTE, J.P.P.; SILVA, J.G. Aplicabilidade do IQR: Desempenho dos aterros sanitários dos municípios da microrregião de Ituverava - SP. In: Congresso Sul-Americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade, 2., 2019, Foz do Iguaçu. **Anais [...]**. Foz do Iguaçu: Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais – IBEAS, 2019.

FERNANDES, M.; SILVA FILHO, L. C. P. Um modelo orientativo para a gestão municipal dos RCCs. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 17, n. 2, p. 21-38, abr./jun. 2017.

GONZAGA, C. M. G.; BEZERRA, F. S. C.; OLIVEIRA, F. H. L. **Uso de resíduo de construção e demolição para reforço de subleito em regiões de solo com elevado teor de umidade**. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, CE, Brasil, 2020. Disponível em: https://www.anpet.org.br/anais34/documentos/2020/Infraestrutura/Materiais%20e%20Tecnologias%20Sustent%C3%A1veis%20II/5_327_CT.pdf

GUIMARÃES, J. R. **Critérios para seleção de áreas destinadas à implantação de aterros sanitários**. Belo Horizonte, 2009. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Minas Gerais.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Paranaguá: censo 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pr/paranagua.html>.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE - OMS. Compendium of WHO and other UN guidance on health and environment. 2021. Disponível em: <https://digitallibrary.un.org/record/3939855?v=pdf>

ROSA, M. E. R. C. **Desenvolvimento de produto educativo para crianças com transtorno de espectro autista a partir da reciclagem de resíduos poliméricos gerados por impressão 3D**. Universidade Federal de Campina Grande. Paraíba. 98p. 2017.

SALESBRAM, J.A.M.; ROSEGHINI, W.F.F. Análise da variabilidade térmica da cidade de Paranaguá-PR para aplicação em estudos sobre a proliferação dos *aedes aegypti*. **Geo UERJ**, n. 34, 2019.

SILVA, C. **Gerenciamento de resíduos sólidos**. Curitiba: IFPR, 2013.

SILVA, C.; REBINSKI, T.J.; TELES, S.P.; KRUGER, G.T.; BARROS, M.M.; CORREA, A.

D.; LOPES, A. B. Uso de drones para estimar o volume de resíduos sólidos aparentes e diagnosticar as condições ambientais de um aterro sanitário no litoral do Estado do Paraná - Brasil. **Revista Técnico Científica do CREA-PR**, Curitiba, v. 25, p. 1-14, 2021.

SIQUEIRA, D.S.S.; CRUZ, D.A.O.; POLIGNANO, M.V.; VILLELA, L.C.M.; GUERRA, V.A. Revitalização da Bacia do Ribeirão do Izidora: educação ambiental como estratégia. **Saúde em Debate**, v. 41, n. spe2, p. 347-358, jun. 2017.

TABALIPA, N.L.; FIORI, A.P. Caracterização e classificação dos resíduos sólidos do município de Pato Branco, PR. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, n. 4, Paraná, p. 23-33, ago. 2006.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME – UNEP. Perspectiva de la Gestión de Residuos en América Latina y el Caribe. 2018. Disponível em: <https://wedocs.unep.org/items/3f1f7ea7-630f-482f-bd89-690fc57ddd29>

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

ⁱ Artigo adaptado a partir do Trabalho de Conclusão de Curso: “Avaliação ambiental de um aterro sanitário localizado no litoral do Paraná”, de autoria dos pesquisadores.