

Avaliação dos impactos ambientais no lixão a céu aberto no município de Apuí, Amazonas

Assessment of environmental impacts at the open-air dumpsite in the municipality of Apuí, Amazonas

Saco da Pedra: a shell midden between coastal erosion and anthropic action

André Guimarães Colares 

Pós-graduando em Ciências Ambientais
Universidade Federal de Goiás, Brasil
collaresandre16@gmail.com

Romário Martins Pereira 

Mestre em Ciências Ambientais
Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Brasil
romampereira@gmail.com

Rodrigo Henrique Risso Aires Alves 

Mestre em Ciências Ambientais
Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Brasil
rodrigo.aires@ufam.edu.br

Benone Otávio Souza de Oliveira 

Doutor em Ciências Ambientais
Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Brasil
benone@ufam.edu.br

Resumo

A gestão inadequada de resíduos sólidos urbanos representa um importante problema ambiental e de saúde pública, especialmente na Amazônia. Este artigo avalia os impactos do lixão a céu aberto de Apuí (AM) sobre o Rio Juma, relacionando a infraestrutura de descarte à qualidade da água por meio do Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos (IQR) e do Índice de Qualidade da Água (IQA). A pesquisa foi quali-quantitativa, baseada em vistorias operacionais e campanhas sazonais de monitoramento hídrico, com análise de parâmetros físico-químicos e microbiológicos nas estações seca e chuvosa. A aplicação do IQR resultou na nota 1,9, classificando



<https://doi.org/10.28998/contegeo.11i.26.21313>

Artigo publicado sob a [Licença Creative Commons 4.0](#)

Submetido em: 30/05/2026

Aceito em: 03/08/2026

Publicado: 27/10/2026

e-Location: 21313

o lixão como inadequado devido a falhas estruturais críticas, como ausência de controle de acesso, impermeabilização do solo e drenagem de lixiviados, além da presença de catadores em situação de vulnerabilidade. No Rio Juma, as maiores alterações dos parâmetros de qualidade da água foram observadas durante a estiagem, quando a DBO e o fosfato reativo ultrapassaram os limites da Resolução CONAMA nº 357/2005. Os maiores indícios de contaminação orgânica foram observados a montante do lixão, indicando aporte prévio de poluentes associado a outras atividades antrópicas na bacia, especialmente pecuária e piscicultura. No período chuvoso, o efeito de diluição elevou o IQA para a classe boa, com valores entre 58 e 59. Conclui-se que a disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos, associada a outras pressões antrópicas, constitui um potencial fator associado à degradação ambiental do sistema hídrico estudado, em conjunto com outras pressões antrópicas identificadas na bacia hidrográfica.

Palavras-chave: resíduos sólidos urbanos; qualidade da água; lixão; Amazônia.

Abstract

Improper municipal solid waste management represents a major environmental and public health challenge, particularly in the Amazon region. This study evaluates the impacts of the Apuí (AM) open-air dump on the Juma River, correlating the disposal infrastructure with water quality through the Landfill Quality Index (IQR) and the Water Quality Index (IQA). The research followed a qualitative-quantitative approach based on operational site inspections and seasonal water monitoring campaigns, assessing physicochemical and microbiological parameters during both the dry and rainy seasons. The IQR application yielded a score of 1.9, classifying the dump as inadequate due to critical structural flaws, including the lack of access control, soil liners, and leachate drainage systems, alongside the presence of waste pickers in highly vulnerable conditions. In the Juma River, the most significant changes in water quality parameters occurred during the dry season, when BOD and reactive phosphate exceeded the thresholds established by CONAMA Resolution No. 357/2005. The strongest evidence of organic contamination was found upstream from the dump, indicating a prior input of pollutants associated with other anthropogenic activities in the watershed, notably cattle ranching and fish farming. During the rainy season, the dilution effect raised the IQA to the "good" class, with values ranging from 58 to 59. It is concluded that improper municipal solid waste disposal, coupled with the other identified anthropogenic pressures in the river basin, constitutes a potential factor driving the environmental degradation of the studied hydrological system.

Keywords: municipal solid waste; water quality; open dump; Amazon region.

INTRODUÇÃO

A gestão de resíduos sólidos urbanos (RSU) constitui um desafio global crescente (Oliveira *et al.*, 2021). No Brasil, cerca de 40% dos resíduos ainda são destinados a lixões ou aterros controlados (ABREMA, 2024; BRASIL, 2023), situação

mais crítica nas regiões Norte e Nordeste (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2023), especialmente em municípios de menor porte (Nascimento, 2023). No Amazonas, a fragilidade estrutural agrava o descarte a céu aberto em cidades como Apuí (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2023), com impactos severos sobre o solo, a biodiversidade e os recursos hídricos (Ferreira *et al.*, 2021).

Apesar das metas de erradicação previstas na Lei nº 12.305/2010 e no Novo Marco Legal do Saneamento, a escassez de recursos e de fiscalização ainda compromete a eliminação dos lixões (ABREMA, 2024). Em regiões isoladas, como o sul amazonense, o cumprimento desses prazos legais encontra fortes limitações técnicas e financeiras (Situba; Lacerda, 2020).

A área de disposição final de resíduos sólidos urbanos de Apuí (AM) é tecnicamente classificada como lixão a céu aberto, não atendendo às diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos. Trata-se, portanto, de um passivo ambiental associado a riscos potenciais à saúde pública e ao ecossistema local (APUÍ, 2012).

Para mensurar a complexidade desses impactos ambientais, a aplicação integrada do Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos (IQR) (Borba *et al.*, 2021) e do Índice de Qualidade da Água (IQA) (Menezes *et al.*, 2010) permite avaliar as condições estruturais da área de disposição final e a qualidade do corpo hídrico associado. Apesar dos avanços normativos relacionados à gestão dos resíduos sólidos urbanos no Brasil, ainda são escassos os estudos que realizam avaliações integradas entre as condições estruturais de áreas de disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos e a qualidade das águas superficiais na Amazônia brasileira.

A abordagem integrada empregada permite ampliar a compreensão das interações entre a disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos, a sazonalidade hidrológica amazônica e a qualidade dos recursos hídricos superficiais em municípios de pequeno porte da Amazônia brasileira, contribuindo para o aprimoramento do diagnóstico ambiental e para o planejamento de ações de gestão territorial e monitoramento ambiental.

Diante desse contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar os impactos ambientais associados à área de disposição final de resíduos sólidos urbanos do município de Apuí (AM), mediante a aplicação integrada do Índice de Qualidade de Aterro

de Resíduos (IQR) e do Índice de Qualidade da Água (IQA), visando subsidiar ações de monitoramento ambiental e planejamento territorial em municípios amazônicos.

METODOLOGIA

A pesquisa, desenvolvida no município de Apuí (AM), caracteriza-se como um estudo aplicado, de abordagem quali-quantitativa e caráter descritivo-exploratório (Gil, 2007), voltado à avaliação integrada das condições ambientais associadas à disposição final de resíduos sólidos urbanos e à qualidade das águas superficiais do rio Juma. O delineamento metodológico foi estruturado em três etapas interdependentes: (1) levantamento documental e bibliográfico com base em normativas técnicas, legislação ambiental e dados oficiais, incluindo a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), informações do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), entre outras fontes.

Na segunda etapa, realizou-se o diagnóstico das características locais, estruturais e operacionais do lixão nos períodos seco e chuvoso, por meio do Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos (IQR), com base na metodologia da CETESB (2023) e na ABNT NBR 15849:2010. A terceira etapa consistiu no monitoramento sazonal dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos das águas superficiais do rio Juma, para determinação do Índice de Qualidade da Água (IQA) e avaliação comparativa dos resultados com os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005).

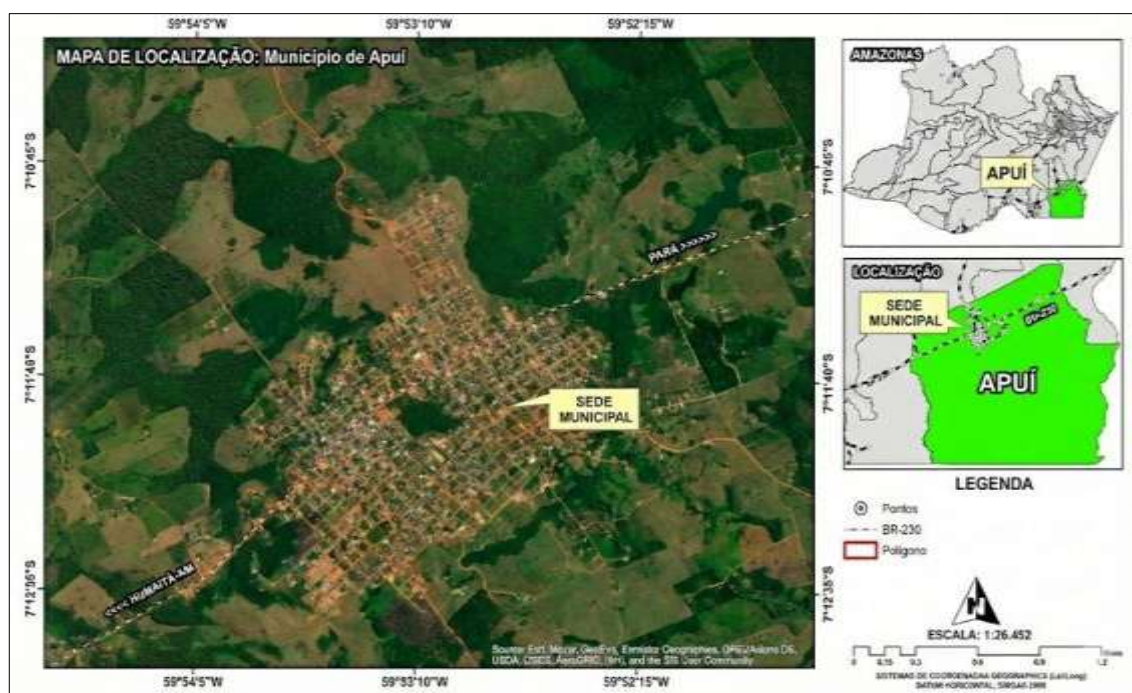
Contexto geográfico da área de estudo

O estudo foi conduzido no município de Apuí (AM), situado no sudeste do estado do Amazonas, conforme apresentado na Figura 1. O município integra a região do sul amazonense e está inserido no Projeto de Assentamento (PA) Rio Juma, um dos maiores assentamentos rurais da América Latina. O clima regional do município de Apuí, no interior do Amazonas, é classificado como Am (chuvas de monções), caracterizado por chuvas elevadas com um curto período seco (Alvares *et al.*, 2013).

A precipitação pluvial anual oscila entre 2.250 mm e 2.750 mm, com o período chuvoso iniciando-se em outubro. As temperaturas médias anuais mantêm-se entre 25 °C e 27 °C, com umidade relativa do ar elevada, variando de

85% a 90% (Reis *et al.*, 2006). A sede municipal localiza-se a uma altitude média de 127 metros, sob as coordenadas geográficas 7°11'10"S e 59°50'29"W. De acordo com o censo demográfico de 2022, Apuí (AM) possui população estimada em 20.648 habitantes (IBGE, 2023).

Figura 1 - Localização geográfica do município de Apuí (AM)

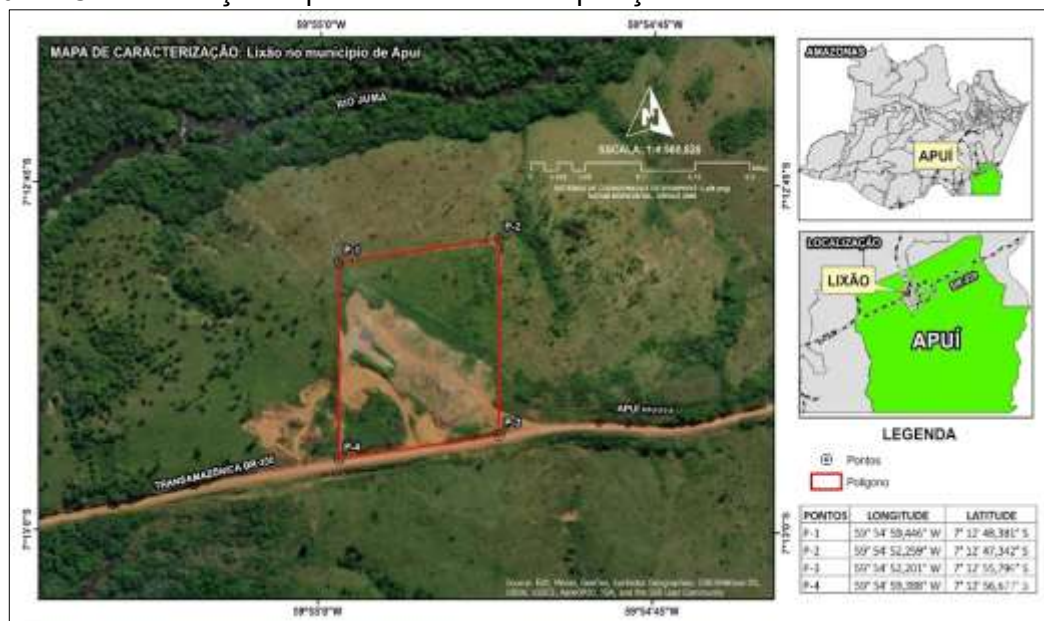


Fonte: Autores (2025)

A dinâmica socioeconômica e logística da região é fortemente dependente da Rodovia Transamazônica (BR-230), cujo tráfego é sazonalmente impactado pelo regime pluviométrico equatorial, fator que influencia diretamente a gestão dos serviços de saneamento, as estratégias de monitoramento ambiental e a acessibilidade às áreas de disposição final dos resíduos sólidos urbanos (Reis *et al.*, 2020).

A área de disposição final de resíduos sólidos urbanos (RSU) de Apuí (AM) é tecnicamente classificada como um lixão a céu aberto. Essa modalidade de disposição final não atende às diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010), configurando-se como passivo ambiental associado a riscos potenciais à saúde pública e ao ecossistema local (APUÍ, 2012).

O lixão está implantado em área pública municipal, às margens da Rodovia Transamazônica (BR-230), a aproximadamente 2,3 km do núcleo urbano, com extensão de 5,4 ha e perímetro de 934,64 metros (APUÍ, 2012), como evidenciado na Figura 2.

Figura 2 - Caracterização espacial da área de disposição final dos resíduos sólidos urbanos

Fonte: Autores (2025)

Avaliação das condições ambientais da área de disposição final dos resíduos sólidos urbanos.

A caracterização do lixão de Apuí (AM) envolveu análise documental e vistorias in loco realizadas nos períodos de estiagem e cheia. Aplicou-se o Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos (IQR), adaptado da metodologia proposta pela CETESB (2023), composto por três eixos complementares de avaliação: características locais, infraestrutura e condições operacionais da área de disposição final dos resíduos sólidos urbanos.

Esses componentes permitem avaliar as condições ambientais, estruturais e operacionais do empreendimento, subsidiando o diagnóstico do seu nível de adequação ambiental. O cálculo do IQR foi realizado conforme a metodologia proposta pela CETESB (2023), com base no somatório normalizado das pontuações atribuídas aos três eixos avaliados, conforme apresentado na Equação 1.

$$IQR = \frac{\sum P_{Infra} + \sum P_{Oper} + \sum P_{Loc}}{10} \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

$\sum P_{Infra}$: Somatório dos pontos de Infraestrutura;

$\sum P_{Oper}$: Somatório dos pontos de Condições Operacionais;

$\sum P_{Loc}$: Somatório dos pontos de Características Locacionais;

10: Fator de normalização decimal.

Após a determinação do Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos (IQR), os valores obtidos foram confrontados com as faixas de classificação estabelecidas pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). De acordo com essa metodologia, a área é classificada como inadequada quando apresenta IQR menor ou igual a 7,0 ($IQR \leq 7,0$) e como adequada quando o índice assume valores superiores a 7,0 e menores ou iguais a 10,0 ($7,0 < IQR \leq 10,0$) (CETESB, 2023).

Monitoramento da qualidade de água (IQA)

Foram realizadas duas campanhas sazonais de monitoramento no Rio Juma, correspondentes aos períodos de estiagem, em outubro de 2025, e de cheia, em março de 2026. As amostras foram preservadas a 4°C, conforme as recomendações da FUNASA (2014), e encaminhadas aos laboratórios responsáveis para a determinação dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos utilizados na avaliação da qualidade da água e no cálculo do IQA.

O índice foi calculado com base nas curvas de qualidade e nos respectivos pesos relativos (w_i), definidos pela CETESB (2023). Diante da inexistência de uma faixa de classificação específica do IQA para o estado do Amazonas, adotaram-se os critérios de classificação utilizados por outros estados brasileiros, conforme compilação apresentada pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2017).

Caracterização dos pontos de monitoramento no Rio Juma

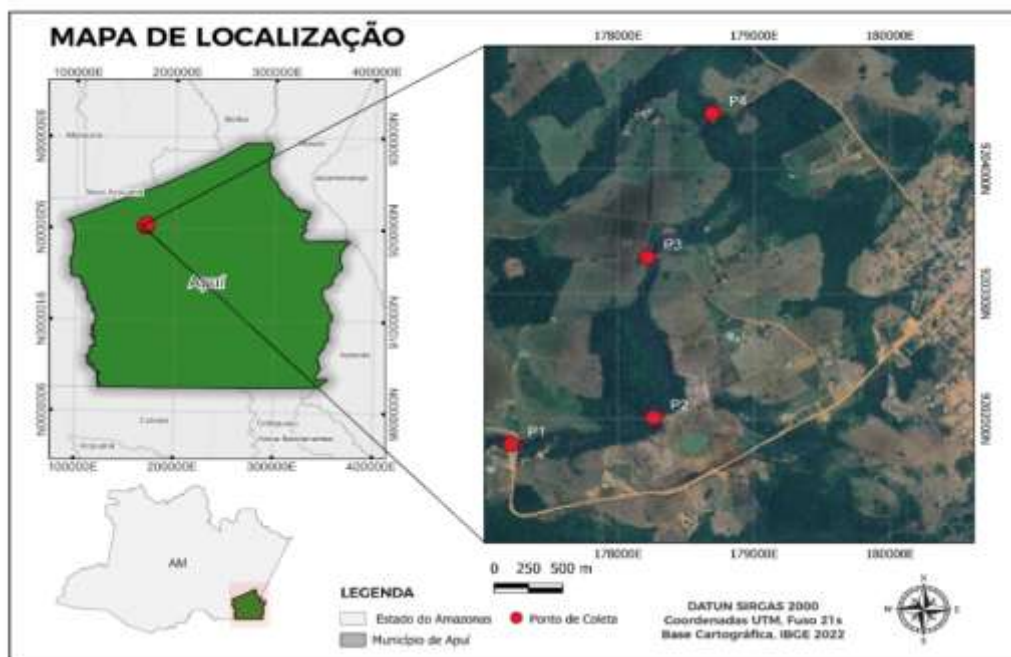
Dos quatro pontos inicialmente georreferenciados, o P2, localizado na rota potencial do lixiviado, foi excluído das análises comparativas em razão das limitações logísticas observadas na estiagem e das inundações registradas durante a cheia. A Figura 3 apresenta a distribuição espacial dos pontos de monitoramento no Rio Juma e a localização da área de disposição final dos resíduos sólidos urbanos do município de Apuí (AM).

O monitoramento foi realizado em três pontos amostrais: P1, como referência a montante; P3, a jusante, para avaliação das influências antrópicas no entorno da área; e P4, também a jusante, para análise da qualidade da água no período chuvoso e dos processos de diluição e autodepuração.

A seleção dos pontos de monitoramento considerou critérios de acessibilidade, segurança operacional e distribuição espacial ao longo do gradiente nascente-foz do Rio Juma. Como apresentado na Figura 3, as coletas foram realizadas na seção

transversal do corpo hídrico, a aproximadamente 10 cm da superfície da água ou na profundidade correspondente ao ponto de captação, conforme o Manual Prático de Análise de Água da FUNASA (2014).

Figura 3 - Localização dos pontos de monitoramento da qualidade da água no Rio Juma, Apuí (AM)



Fonte: Autores (2026)

Foram analisados os parâmetros físico-químicos e microbiológicos coliformes termotolerantes, turbidez, fósforo total (FT), nitrogênio total (NT), oxigênio dissolvido (OD), sólidos totais (ST), potencial hidrogeniônico (pH), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e temperatura. Esses parâmetros foram utilizados na avaliação da qualidade da água e no cálculo do Índice de Qualidade da Água (IQA), conforme a metodologia adotada neste estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Avaliação das condições ambientais da área de disposição final dos resíduos sólidos urbanos (IQR).

A aplicação do IQR possibilitou a avaliação das condições ambientais da área estudada, permitindo identificar aspectos estruturais, operacionais e locais relevantes para o diagnóstico técnico do local.

O Quadro 1 apresenta os resultados da primeira etapa da avaliação do IQR, referente aos aspectos estruturais da área estudada.

Quadro 1- Avaliação das condições estruturais da área de disposição final dos resíduos sólidos urbanos

Item	SUB-ITEM	Avaliação	Pesos	Pontos
ESTRUTURA DE APOIO	1.Portaria, balança e Vigilância	SIM/SUFICIENTE	2	0
		NÃO/INSUFICIENTE	0	
	2.Isolamento Físico	SIM/SUFICIENTE	2	0
		NÃO/INSUFICIENTE	0	
	3.Isolamento Visual	SIM/SUFICIENTE	2	2
		NÃO/INSUFICIENTE	0	
	4.Acesso à frente de descargas	ADEQUADO	3	3
		INADEQUADO	0	
FRENTE DE TRABALHO	5.Dimensões da frente de trabalho	ADEQUADO	5	5
		INADEQUADO	0	
	6.Compactação dos Resíduos	ADEQUADO	5	0
		INADEQUADO	0	
	7.Recobrimento dos Resíduos	ADEQUADO	5	0
		INADEQUADO	0	
TALUDES E BERMAS	8.Dimensões e inclinações	ADEQUADO	4	0
		INADEQUADO	0	
	9.Cobertura da terra	ADEQUADO	4	0
		INADEQUADO	0	
	10.Proteção Vegetal	ADEQUADO	3	0
		INADEQUADO	0	
	11.Afloramento de lixiviado	NÃO/RAROS	4	0
		SIM/NUMEROSOS	0	
SUPERFICIE SUPERIOR	12.Nivelamento da Superfície	ADEQUADO	5	0
		INADEQUADO	0	
	13.Homogeneidade da Cobertura	SIM	5	0
		NÃO	0	
ESTRUTURA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL	14.Impermeabilização do solo	SIM/ADEQUADA	10	0
		NÃO/INADEQUADA	0	
	15.Profundidade do Lençol Freático X Permeabilidade do Solo	P> 3 m, k< 10^-6 cm/s	4	0
		1<=P < 3 m, k < 10-6 cm/s	2	
		INADEQUADA	0	
	16.Drenagem de lixiviado	SIM/SUFICIENTE	4	0
		NÃO/INSUFICIENTE	0	
	17.Tratamento de lixiviado	SIM/ADEQUADO	4	0
		NÃO/INADEQUADO	0	
	18.Drenagem provisória de águas pluviais	SUFICIENTE/DESNECESSÁRIO	3	0
		NÃO/INSUFICIENTE	0	
	19.Drenagem definitiva de águas pluviais	SUFICIENTE/DESNECESSÁRIO	4	0
		NÃO/INSUFICIENTE	0	
	20.Drenagem de gases	SUFICIENTE/DESNECESSÁRIO	4	0
		NÃO/INSUFICIENTE	0	
	21.Monitoramento de Águas subterrâneas	ADEQUADO	4	0
		INADEQUADO	1	
		INEXISTENTE	0	
	22.Monitoramento Geotécnico	ADEQUADO/DESNECESSÁRIO	4	0
		INADEQUADO/INSUFICIENTE	1	
INEXISTENTE		0		
SUB TOTAL 1			94	10

Fonte: Adaptado da CETESB (2023).

Os resultados evidenciam limitações estruturais e operacionais no lixão de Apuí (AM). A ausência de portaria, balança e vigilância, associada ao acesso irrestrito à área, configura desconformidade com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010) e com a ABNT NBR 15849:2010. O isolamento físico e visual precário, agravado pela localização às margens da rodovia, reproduz condição semelhante à observada em outros municípios amazonenses, como Lábrea (Nascimento, 2023) e Itacoatiara (Guimarães *et al.*, 2023).

A inexistência de sistemas de impermeabilização do solo e drenagem, associada ao relevo local, pode favorecer o escoamento superficial de lixiviados durante o período chuvoso, podendo contribuir para o aumento da vulnerabilidade ambiental da área estudada. Esse cenário, recorrente em lixões amazônicos, também foi observado em Humaitá (Oliveira *et al.*, 2016), Tefé (Hirata *et al.*, 2010) e em áreas de elevada declividade da região amazônica (Bentes *et al.*, 2023), em consonância com o diagnóstico da ABREMA (2024) sobre a persistência de formas inadequadas de disposição final dos resíduos sólidos urbanos na região Norte.

O Quadro 2 apresenta os resultados da segunda etapa da avaliação do IQR, referente às características operacionais da área estudada.

Quadro 2 - Avaliação das condições operacionais da área de disposição final dos resíduos sólidos urbanos

Condições urbanas				
Item	Sub-item	Avaliação	Pesos	Pontos
CONDIÇÕES OPERACIONAIS	23.Presença de Catadores	NÃO	2	0
		SIM	0	
	24.Queima de resíduos	NÃO	2	0
		SIM	0	
	25.Ocorrências de moscas e Odores	NÃO	2	0
		SIM	0	
	26.Presença de animais e aves	NÃO	2	0
		SIM	0	
	27.Recebimento de resíduos de Saúde	NÃO	5	0
		SIM	0	
	28.Recebimento de resíduos Industriais	NÃO	5	0
		SIM	0	
	29.Estruturas e procedimentos	SUFICIENTE/ADEQUADO	10	0
		INSUFICIENTE/INADEQUADO	0	
	30. Medidas Corretivas	SIM	5	0
		NÃO	0	
	31. Dados gerais sobre o aterro	SIM	5	5
		NÃO	0	
	32. Manutenção dos acessos internos	SIM	5	0
		NÃO	0	
33. Plano de fechamento do aterro	SIM	5	0	
	NÃO	0		
SUB TOTAL 2			48	5

Fonte: Adaptado da CETESB (2023).

O único subitem pontuado no quadro anterior foi o item 9 (“Dados Gerais”), que reúne informações relativas à identificação da área, capacidade operacional, licenciamento e infraestrutura. A presença de catadores no lixão de Apuí (AM) expõe esses trabalhadores a condições insalubres e riscos ocupacionais, cenário também registrado em Capitão Poço/PA (Ferreira *et al.*, 2023), Tabatinga/AM (Oliveira, 2022) e no Alto Oeste/RN (Silva *et al.*, 2023). Essa situação é agravada pela entrada irregular de resíduos perigosos, como hospitalares e industriais, e pela queima de resíduos, práticas que aumentam o potencial de contaminação ambiental e evidenciam fragilidades no controle operacional da área.

Outra irregularidade identificada refere-se ao descarte direto de efluentes líquidos no solo por veículos não oficiais, prática observada também em outros municípios amazônicos, como no caso de Itapiranga (AM), onde houve autuação pelo IBAMA (2025) em razão do despejo irregular de resíduos líquidos. Tal condição não atende às diretrizes da ABNT NBR 15849:2010 nem da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010), especialmente quanto ao controle de acesso e à destinação ambientalmente adequada dos resíduos.

Por fim, a inexistência de um Plano de Fechamento evidencia a ausência de medidas voltadas à recuperação ambiental da área, reforçando a necessidade de ações para seu encerramento adequado e monitoramento ambiental contínuo. O Quadro 3 apresenta os resultados da terceira etapa da avaliação do IQR, referente às demais informações da área estudada.

Quadro 3 - Avaliação das condições locais da área de disposição final dos resíduos sólidos urbanos

Item	Subitem	Avaliação	Pesos	Pontos
CARACTERÍSTICAS DA ÁREA	34. Proximidade de núcleos habitacionais	Longe ≥ 500 m	2	2
		Próximo ≤ 500 m	0	
	35. Proximidade de corpos hídricos	Longe ≥ 200 m	2	2
		Próximo ≤ 200 m	0	
	36. Condições de sistema viário, trânsito e acesso	Boas	3	2
		Regulares	2	
		Ruim	0	
SUBTOTAL 3			9	4

Fonte: Adaptado da CETESB (2023).

A proximidade da área de disposição final dos resíduos sólidos urbanos de Apuí aos núcleos habitacionais e ao rio Juma, a 247 metros, evidencia a importância do monitoramento ambiental contínuo da área e da adoção de medidas preventivas

voltadas à proteção dos recursos hídricos e da população residente no entorno (Oliveira *et al.*, 2016). A Figura 4 evidencia a relação espacial entre a área de disposição final dos resíduos sólidos urbanos e o núcleo habitacional adjacente, aspecto relevante para a avaliação das condições locais do empreendimento.

Figura 4 - Localização do lixão de Apuí (AM) em relação ao núcleo urbano



Fonte: Autores (2026).

Além da área de disposição final dos resíduos sólidos urbanos, a campanha chuvosa (março de 2026) evidenciou a influência de múltiplas pressões antrópicas a montante do ponto P1. Atividades como piscicultura e pastejo bovino nas margens podem contribuir para o aporte de nutrientes e matéria orgânica ao sistema aquático, influenciando parâmetros relacionados à qualidade da água, como o Oxigênio Dissolvido (OD), cujos valores foram inferiores aos estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas doces de Classe 2.

Os resultados obtidos no município de Apuí (AM) (IQR = 1,9) classificam a área de disposição final dos resíduos sólidos urbanos como inadequada, corroborando padrões observados em outros municípios amazonenses, como Humaitá (Oliveira *et al.*, 2016), Lábrea (Nascimento, 2023), Itacoatiara (Guimarães *et al.*, 2023), Silves e Itapiranga (Alves *et al.*, 2020), cujos estudos também evidenciam limitações estruturais relacionadas à gestão dos resíduos sólidos urbanos.

As condições verificadas não atendem aos critérios mínimos estabelecidos pelo IQR, que classifica como inadequadas as áreas que apresentam pontuação igual ou inferior a 7,0, evidenciando a necessidade de medidas voltadas ao adequado gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos e ao monitoramento ambiental contínuo

Caracterização da água do rio Juma

Os resultados das análises da qualidade da água do Rio Juma foram comparados aos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para corpos hídricos de águas doces de Classe 2. As coletas foram realizadas em duas campanhas de amostragem, correspondentes ao período de estiagem (outubro de 2025) e ao período chuvoso (março de 2026), contemplando a sazonalidade característica da região sul do Amazonas. A Tabela 1 apresenta os resultados dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos determinados nas campanhas sazonais de monitoramento da qualidade da água do Rio Juma, realizadas nos períodos de estiagem (outubro de 2025) e cheia (março de 2026).

Tabela 1 - Resultados dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos determinados nas campanhas sazonais de monitoramento da qualidade da água do Rio Juma, Apuí (AM).

<i>Parâmetros</i>	Conama 357/05 V.M.P*	P1 Montante Seca	P3 Jusante Seca	P1 Montante Chuvosa	P4 Jusante Chuvosa
<i>Oxigênio Dissolvido (mg/L)</i>	≥ 5,00	5,60	7,84	6,00	5,80
<i>Potencial Hidrogeniônico (pH)</i>	6 a 9	7,59	7,55	5,70	6,10
<i>Condutividade (µS/cm)</i>	*	5,29	4,98	7,60	9,20
<i>Sólidos Totais (mg/L)</i>	500	3,48	3,30	5,00	6,00
<i>Salinidade (ppt)</i>	≤ 0,5	0,28	0,27	0,10	0,10
<i>Temperatura (°C)</i>	27–31	27,2	29,6	24,0	24,0
<i>Turbidez (UNT)</i>	Até 100	13,60	12,70	10,00	11,00
<i>Nítrito (NO₂) (mg/L)</i>	Até 1,0	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Nitrato (NO₃) (mg/L)</i>	Até 10	1,58	1,74	1,20	1,40
<i>Fosfato (PO₄) (mg/L)</i>	0,050	0,233	0,043	0,015	0,017
<i>Fósforo Total (mg/L)</i>	*	-	-	0,025	0,028
<i>Nitrogênio Total (mg/L)</i>	*	-	-	2,0	2,5
<i>DBO (mg/L)</i>	5	12,50	10,20	4,07	4,98
<i>Coliformes Totais</i>	*	3,00x10 ³	9,00x10 ³	2,00x10 ³	5,00x10 ³
<i>Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)</i>	1.000	2,00x10 ²	3,00x10 ²	2,00x10 ²	4,00x10 ²

Fonte: Autores (2026). **Notas:** Valores em negrito indicam não conformidade com o Valor Máximo Permitido (VMP) estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para corpos hídricos de águas doces de Classe 2. (-) = parâmetro não determinado na campanha de monitoramento; (*) = parâmetro sem valor máximo permitido especificado na legislação vigente.

Avaliação comparativa sazonal

O Oxigênio Dissolvido (OD) apresentou valores compatíveis com os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005, embora algumas amostras tenham permanecido próximas ao limite mínimo recomendado para corpos hídricos

de águas doces de Classe 2 (Esteves, 2011; Oliveira *et al.*, 2016; Nascimento, 2023). Na estação seca, a DBO apresentou valores entre 10,20 e 12,50 mg/L, superiores aos limites estabelecidos pela legislação vigente, reduzindo-se no período chuvoso (Pereira, 2013; Oliveira *et al.*, 2016). O pH apresentou redução na cheia (5,7–6,1), evidenciando a influência das variações sazonais sobre as características naturais do sistema aquático (Pereira, 2013; Silva *et al.*, 2020), enquanto a temperatura manteve-se compatível com os padrões observados para ambientes amazônicos.

Os valores observados de Nitrogênio Total no período chuvoso sugerem maior aporte de nutrientes ao sistema aquático (Esteves, 2011), enquanto o Fosfato Reativo na estação seca (0,233 mg/L) apresentou concentrações superiores aos limites estabelecidos pela legislação. A turbidez e os sólidos totais mantiveram-se abaixo dos limites normativos, evidenciando condições favoráveis quanto à baixa carga de material particulado em suspensão (Lei nº 12.651/2012; Passos *et al.*, 2018; Santos; Henrique, 2025). Embora os coliformes tenham atendido aos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005, seus valores sugerem a influência de fontes difusas potencialmente associadas às condições de saneamento do entorno.

Em conjunto, os resultados evidenciam a influência da sazonalidade e de múltiplas pressões antrópicas sobre a qualidade da água do Rio Juma, reforçando a importância do monitoramento ambiental contínuo e da adoção de medidas voltadas ao adequado gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos e à preservação dos recursos hídricos locais.

Avaliação da qualidade da água (IQA)

Na estação chuvosa, o IQA nos pontos P1 e P4 variou entre 58 e 59, classificando a água como "Boa" para abastecimento após tratamento convencional (CETESB, 2023). Os valores observados situam-se próximos ao limite inferior dessa classificação, evidenciando a necessidade de acompanhamento periódico da qualidade da água, em consonância com resultados anteriormente registrados no rio Juma por Pereira (2013) e em Humaitá (AM) por Oliveira *et al.* (2016), embora superiores aos observados em Lábrea (AM) por Nascimento (2023).

A classificação obtida na estação chuvosa coincide com a redução dos valores de DBO e fosfato em relação ao período seco, comportamento compatível com a influência da sazonalidade hidrológica sobre os parâmetros avaliados, embora alguns

deles demandem atenção quanto ao atendimento integral dos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005.

A manutenção do IQA na classe Boa, ainda que próxima ao limite inferior dessa categoria, sugere a influência de processos naturais característicos dos ecossistemas aquáticos amazônicos durante o período chuvoso. O aumento da vazão do rio Juma pode favorecer mecanismos naturais de diluição e autodepuração, contribuindo para a manutenção dos níveis de oxigênio dissolvido observados durante a campanha amostral.

Entretanto, a proximidade dos valores obtidos (58 e 59) ao limite mínimo da classe evidencia que alterações na dinâmica hidrológica sazonal ou no aporte de matéria orgânica e nutrientes podem refletir na qualidade ambiental do corpo hídrico. Dessa forma, a interpretação do IQA deve considerar não apenas a classificação final do índice, mas também a influência da sazonalidade amazônica e das múltiplas pressões antrópicas presentes na bacia hidrográfica, aspectos relevantes para a avaliação ambiental em longo prazo.

Os resultados reforçam a importância da manutenção do monitoramento sazonal da qualidade da água do rio Juma e do atendimento aos padrões estabelecidos para corpos hídricos de águas doces de Classe 2. Na estação de estiagem, a impossibilidade de obtenção dos valores de Nitrogênio Total e Fósforo Total inviabilizou o cálculo do IQA, restringindo uma avaliação integrada mais abrangente da influência sazonal sobre os parâmetros empregados na determinação desse índice.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo evidenciou limitações estruturais e operacionais na área de disposição final dos resíduos sólidos urbanos de Apuí (AM), classificada como inadequada pelo Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos (IQR = 1,9). Os resultados obtidos indicam a ausência de sistemas de impermeabilização do solo, drenagem, tratamento de lixiviados e captação de gases, além da ocorrência de práticas incompatíveis com as diretrizes técnicas e ambientais vigentes, como o descarte irregular de resíduos e efluentes líquidos, reforçando a necessidade de adequações voltadas ao gerenciamento ambientalmente adequado da área.

A avaliação da qualidade da água do Rio Juma evidenciou a influência da sazonalidade hidrológica e de múltiplas pressões antrópicas sobre os parâmetros

analisados. Na estação chuvosa, o IQA variou entre 58 e 59, classificando a água como "Boa" para abastecimento após tratamento convencional, embora alguns parâmetros tenham apresentado valores próximos aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para corpos hídricos de águas doces de Classe 2. Na estação de estiagem, foram observados valores de DBO e fosfato superiores aos limites estabelecidos pela legislação, evidenciando a importância do monitoramento ambiental contínuo dos recursos hídricos locais.

Os objetivos propostos foram alcançados ao permitir a caracterização das condições estruturais, operacionais e locacionais da área de disposição final dos resíduos sólidos urbanos de Apuí (AM), bem como a avaliação sazonal da qualidade das águas superficiais do Rio Juma. A utilização integrada do IQR e do IQA mostrou-se adequada para subsidiar diagnósticos ambientais em municípios amazônicos, fornecendo informações relevantes para ações de monitoramento e gestão ambiental.

Recomenda-se a implementação de um programa permanente de monitoramento ambiental contemplando campanhas sazonais nos períodos de estiagem e cheia, incluindo os parâmetros empregados no cálculo do IQA e a avaliação periódica das condições estruturais da área de disposição final dos resíduos sólidos urbanos, de modo a subsidiar ações de gestão territorial e ambiental no município de Apuí (AM).

REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A. *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>

ALVES, R. C. *et al.* Gerenciamento municipal de resíduos sólidos no Amazonas, Brasil. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 12, e28691211139, 2020. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i12.11139>

APUÍ (Prefeitura Municipal de Apuí). **Plano Municipal de Saneamento Básico e de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Município de Apuí, AM**: versão para aprovação. Apuí, AM: [s. n.], 2012. Disponível em: <http://consulta.tce.am.gov.br/spede>. Acesso em: 18 jul. 2026.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15849**: resíduos sólidos urbanos — aterros sanitários de pequeno porte — diretrizes para localização, projeto, implantação, operação e encerramento. Rio de Janeiro: ABNT, 2010. 12 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RESÍDUOS E MEIO AMBIENTE (ABREMA). **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2023**: parte 1. São Paulo: ABREMA, 2024.

BENTES, M. F. P. *et al.* Os impactos ambientais da deposição de resíduos sólidos e a gestão ambiental no município de Iranduba/AM. **Research, Society and Development**, v. 12, n. 1, e7012137779, 2023.

BORBA, W. F. *et al.* Análise da qualidade da água de poços de monitoramento em área de disposição de resíduos sólidos urbanos no sul do Brasil. **Revista de Geociências do Nordeste**, Caicó, v. 7, n. 2, p. 306-316, jul./dez. 2021. <https://doi.org/10.21680/2447-3359.2021v7n2ID26237>

BRASIL. Agência Nacional de Águas (ANA). Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos. **Panorama da qualidade das águas superficiais no Brasil**. Brasília: ANA, 2017. 192 p. Disponível em: <https://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/Arquivos/Livros/PanoramaDaQualidadeDasAguaSuperficiaisNoBrasil2017.pdf>. Acesso em: 18 jul. 2026.

BRASIL. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). **Ibama flagra descarte de 10 mil litros de esgoto bruto em lixão a céu aberto no Amazonas**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima, 29 ago. 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/noticias/2025/ibama-flagra-descarte-de-10-mil-litros-de-esgoto-bruto-em-lixao-a-ceu-aberto-no-amazonas>. Acesso em: 18 jul. 2026.

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 União**: seção 1, Brasília, DF, ano 147, n. 147, p. 3-7, 3 ago. 2010. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 18 mar. 2005. Seção 1, p. 58-63. <http://conama.mma.gov.br/>

BRASIL. Ministério das Cidades. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS): diagnóstico dos serviços de água e esgotos – 2022**. Brasília, DF: Ministério das Cidades, 2023. 212 p. Disponível em: <https://www.gov.br/cidades/pt-br/assuntos/saneamento/snis/diagnosticos/ae/2022/diagnostico-de-agua-e-esgotos-ae2022.pdf>. Acesso em: 18 jul. 2026.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Inventário estadual de resíduos sólidos urbanos 2022**. São Paulo: CETESB, 2023. 144 p.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. 826 p.

FERREIRA, A. *et al.* **Avaliação socioambiental dos catadores de material reciclável de Capitão Poço/PA**. Feira de Santana: Editora Licuri, 2023.

FERREIRA, L. A. *et al.* Avaliação da qualidade e potabilidade da água subterrânea em áreas rurais no município de Humaitá/AM. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 12, p. 721-729, 2021. <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.001.0058>

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (FUNASA). **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAs**. Brasília: Funasa, 2014. 112 p. Disponível em:

https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual_controle_qualidade_agua_tecnicos_etas.pdf. Acesso em: 18 jul. 2026.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

GOMES, G. W. da S. **Influência do lixão a céu aberto na qualidade da água de um corpo hídrico no distrito de Santo Antônio do Matupi/AM**. 2025. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente, Universidade Federal do Amazonas, Humaitá, 2025.

GUIMARÃES, G. A. et al. Avaliação das áreas de disposição final dos resíduos sólidos urbanos de Itacoatiara, Amazonas. **Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science**, v. 12, n. 2, p. 49-62, ago. 2023. <https://doi.org/10.21664/2238-8869.2023v12i2.p49-62>

HIRATA, E. et al. **A problemática dos resíduos sólidos urbanos em Tefé, Amazonas**. *Sociedade & Natureza*, Uberlândia, v. 22, n. 2, p. 313-329, ago. 2010. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/sociedadienatureza/article/view/9796>. Acesso em: 18 jul. 2026.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Demográfico 2022: população e domicílios: primeiros resultados**. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. 110 p. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3093/cd_2022_primeiros_resultados.pdf. Acesso em: 18 jul. 2026.

MENEZES, J. M. et al. **Índices de qualidade de água: métodos e aplicabilidade**. In: PRADO, R. B.; TURETTA, A. P. D.; ANDRADE, A. G. de (org.). **Manejo e conservação do solo e da água no contexto das mudanças ambientais**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2010. pt. 4, cap. 5, p. 325-352. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/859420>. Acesso em: 18 jul. 2026.

NASCIMENTO, L. S. **Análise da qualidade do solo e da água em área de disposição de resíduos sólidos urbanos no município de Lábrea, Amazônia Ocidental, Brasil**. 2023. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade Federal do Amazonas, Humaitá, 2023. Disponível em: <https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/9248>. Acesso em: 18 jul. 2026.

OLIVEIRA, B. O. S. et al. Avaliação dos solos e das águas nas áreas de influência de disposição de resíduos sólidos urbanos de Humaitá, Amazonas. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, n. 3, p. 593-601, 2016. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522016128817>

OLIVEIRA, B. O. S. et al. Integrated Municipal and Solid Waste Management in the Amazon: Addressing Barriers and Challenges in Using the Delphi Method. **Environmental Impact**, v. 4, n. 1, p. 49-61, 2021. <https://doi.org/10.2495/EI-V4-N1-49-61>.

OLIVEIRA, M. O cotidiano dos catadores de materiais recicláveis do lixão de Tabatinga/AM. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 13., 2022, São Lourenço. **Anais...** Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais (IBEAS), 2022. p. 1-5. <http://www.ibeas.org.br/congresso/anais13.htm>

PASSOS, A. L.; MUNIZ, D. H. F.; OLIVEIRA FILHO, E. C. de. Critérios para avaliação da qualidade de água no Brasil: um questionamento sobre os parâmetros utilizados. **Fronteiras:**

Journal of Social, Technological and Environmental Science, v. 7, n. 2, p. 290-303, maio/ago. 2018. <https://doi.org/10.21664/2238-8869.2018v7i2.p290-303>

PEREIRA, A. R. et al. Avaliação da qualidade da água superficial na área de influência de um lixão. **Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, Taubaté, v. 8, n. 3, p. 239-246, 2013. DOI: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1160>.

REIS, N. J. et al. (org.). **Geologia e recursos minerais do estado do Amazonas**. Manaus: CPRM/CIAMA, 2006. 135 p. <https://geosgb.sgb.gov.br/>

REIS, R. G.; LEAL, M. L. M. Análise das relações de focos de calor e desflorestamento no município de Lábrea, sul do Amazonas. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 8, n. 3, 2020. <https://www.revistabrasileirademeioambiente.com/index.php/RVBMA/article/view/356>

SANTOS, E. L. N. dos; HENRIQUE, I. N. A ação humana sobre a qualidade das águas na Amazônia Brasileira: uma revisão. **RELACult** - Revista Latino-Americana de Estudos em Cultura e Sociedade, v. 11, 2025. <https://doi.org/10.23899/3tr56b10>.

SANTOS, N. M. **Avaliação de impactos ambientais do aterro sanitário em Sousa/PB**. 2023. TCC – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 2023. <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/123456789/33580>.

SILVA, A. C. et al. Análise da qualidade da água subterrânea: estudo de caso na microbacia do igarapé Nazaré (Ji-Paraná-RO). **Águas Subterrâneas**, Florianópolis, v. 34, n. 4, 2020. <https://doi.org/10.14295/ras.v35i1.29972>

SILVA, R. M. F. et al. Resíduos a céu aberto no Alto Oeste Potiguar: condições de trabalho dos catadores. **Revista de Tecnologia e Sociedade**, Curitiba, v. 19, n. 58, p. 250-267, out./dez. 2023. <https://doi.org/10.3895/rts.v19n58.16335>.

SITUBA, N. S.; LACERDA, K. C. Transporte fluvial e aéreo na Amazônia Legal: um estudo de caso no município de Eirunepé/AM. **Geografia** (Londrina), v. 29, n. 2, p. 51-68, 2020. <https://doi.org/10.5433/2447-1747.2020v29n2p51>.