



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
TOCANTINS
CAMPUS PALMAS
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA CIVIL**

ANDERSON MARCUS FERNANDES DE SOUSA

**VIABILIDADE DAS SOLUÇÕES PARA O ANTIGO LIXÃO NO SETOR ÁGUA
FRIA EM PALMAS-TO**

Palmas – TO
2025

ANDERSON MARCUS FERNANDES DE SOUSA

**VIABILIDADE DAS SOLUÇÕES PARA O ANTIGO LIXÃO NO SETOR ÁGUA
FRIA EM PALMAS-TO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como
requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel do
Curso Superior de Engenharia Civil do Instituto Federal
do Tocantins, Campus Palmas.
Orientador: Dr. Flávio da Silva Ornelas

Palmas - TO
2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas do Instituto Federal do Tocantins

D278v de Sousa, Anderson Marcus Fernandes de
Viabilidade das soluções para o antigo lixão de no setor água fria em
Palmas-TO / Anderson Marcus Fernandes de de Sousa. – Palmas, TO, 2025.
36 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) –
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, Campus
Palmas, Palmas, TO, 2025.

Orientador: Dr. Flávio da Silva Ornelas
Coorientador: Me. Ricardo Loureiro Soares

1. Remediação Ambiental. 2. Requalificação Urbana. 3. Lixão de Palmas.
I. Ornelas, Flávio da Silva. II. Soares, Ricardo Loureiro. III. Título.

CDD 624

A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio, deste documento é autorizada para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica do IFTO com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

ANDERSON MARCUS FERNANDES DE SOUSA

**VIABILIDADE DAS SOLUÇÕES PARA O ANTIGO LIXÃO NO SETOR ÁGUA
FRIA EM PALMAS-TO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso Superior de Tecnologia de
Bacharelado em Engenharia Civil da Unidade
Campus Palmas, do Instituto Federal do Tocantins,
como exigência à obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil.

Aprovado em: 12/12/2025

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **FLAVIO DA SILVA ORNELAS**
Data: 26/12/2025 10:45:15-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Flávio da Silva Ornelas
Presidente/Orientador
Instituto Federal do Tocantins

Documento assinado digitalmente
 **RICARDO LOUREIRO SOARES**
Data: 26/12/2025 17:37:32-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Me. Ricardo Loureiro Soares
Coorientador
Instituto Federal do Tocantins

Documento assinado digitalmente
 **MICHELLE LUDMILA GUEDES DOS SANTOS**
Data: 26/12/2025 13:48:54-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^ª Dra. Michelle Ludmila Guedes dos Santos
Instituto Federal do Tocantins

Dedico este trabalho à minha mãe, Antonia Maria Fernandes de Sousa (a professora Toinha), por nunca ter desistido de mim e por sempre ter acreditado no meu potencial, mesmo quando eu não acreditava que tudo isso seria possível. Mãe, graças a você, a frase do Chorão se torna realidade: “O impossível é só questão de opinião

RESUMO

A gestão inadequada de resíduos sólidos e a persistência de lixões desativados sem a devida remediação representam graves passivos socioambientais no Brasil. O presente trabalho tem como objetivo propor soluções integradas de requalificação ambiental e urbanística para a área do antigo lixão de Palmas-TO, localizado no setor Água Fria, que foi encerrado no ano 2000, mas permanece ocupado irregularmente por uma comunidade em situação de vulnerabilidade. A metodologia adotada caracteriza-se como uma pesquisa qualitativa, exploratória e descritiva, conduzida por meio de estudo de caso, revisão bibliográfica e documental. O estudo analisou a evolução da ocupação e os riscos de contaminação do solo e recursos hídricos, propondo três cenários de intervenção. Foi realizada também uma análise de viabilidade econômica utilizando o Sistema de Custos Referenciais de Obras (SICRO) para estimar os custos de movimentação de resíduos. Os resultados indicam que a remoção total dos resíduos (*ex-situ*), embora apresente um custo inicial elevado devido à tarifa de disposição final, é técnica e financeiramente viável quando associada ao potencial de valorização imobiliária da área recuperada. Conclui-se que o município dispõe de dois caminhos factíveis: a remoção total para renovação urbana ou o reassentamento da comunidade combinado com a criação de um parque urbano, sendo a inércia a única opção insustentável diante dos riscos à saúde pública e dos custos de manutenção do passivo.

Palavras-chave: Lixão de Palmas. Requalificação Urbana. Remediação Ambiental. Passivo Ambiental. Habitação de Interesse Social.

ABSTRACT

Inadequate solid waste management and the persistence of closed dumpsites without proper remediation represent serious socio-environmental liabilities in Brazil. This work aims to propose integrated solutions for the environmental and urban requalification of the old dumpsite area in Palmas-TO, located in the Água Fria sector, which was closed in 2000 but remains irregularly occupied by a vulnerable community. The methodology adopted is characterized as qualitative, exploratory, and descriptive research, conducted through a case study, bibliographic, and documentary review. The study analyzed the evolution of the occupation and the risks of soil and water resource contamination, proposing three intervention scenarios. An economic viability analysis was also performed using the Reference Costs System for Works (SICRO) to estimate waste movement costs. The results indicate that the total removal of waste (*ex-situ*), despite presenting a high initial cost due to the final disposal fee, is technically and financially viable when associated with the potential real estate appreciation of the recovered area. It is concluded that the municipality has two feasible paths: total removal for urban renewal or community resettlement combined with the creation of an urban park, with inertia being the only unsustainable option given the risks to public health and the maintenance costs of the liability.

Keywords: Palmas Dumpsite. Urban Requalification. Environmental Remediation. Environmental Liability. Social Housing.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Localização da área de estudo no município de Palmas-TO	13
Figura 2 – Esquema ilustrativo da contaminação do solo e aquífero em lixões.....	17
Figura 3 – Evolução da ocupação irregular na área do antigo lixão (2015-2025)	19

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Comparativo dos Cenários de Intervenção Propostos.....	26
Quadro 2 – Dados de Entrada e Conversão de Volume para Massa	27
Quadro 3 – Composição do Custo Unitário Direto por Tonelada.....	28
Quadro 4 – Custo Final do Serviço (Com BDI)	28
Quadro 5 – Composição Analítica do Custo por Tonelada	29
Quadro 6 – Estimativa de Renúncia de Receita (Potencial de IPTU)	30

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais.

ASB – Aterro Sanitário de Brasília.

BDI – Benefícios e Despesas Indiretas.

CEMPRE – Compromisso Empresarial para Reciclagem.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes.

GAC – Gerenciamento de Áreas Contaminadas.

IFTO – Instituto Federal do Tocantins.

IPTU – Imposto Predial e Territorial Urbano.

ISCO – *In Situ Chemical Oxidation* (Oxidação Química In Situ).

ITBI – Imposto sobre Transmissão de Bens Imóveis.

MPTO – Ministério Público do Tocantins.

PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos.

SICRO – Sistema de Custos Referenciais de Obras.

ZEIS – Zonas Especiais de Interesse Social.

LISTA DE SÍMBOLOS

Elementos Químicos:

Cd – Cádmio.

Cr – Cromo.

Mn – Manganês.

Pb – Chumbo.

Zn – Zinco.

Unidades de Medida:

h – Hora.

km – Quilômetro.

m² – Metro quadrado.

m³ – Metro cúbico.

R\$ – Real (Moeda corrente brasileira).

ton – Tonelada.

Variáveis de Cálculo:

Cop – Custo de Operação.

Cpr – Custo de Propriedade.

CT – Custo Direto Total.

CU – Custo Unitário Direto.

CUT – Custo Unitário de Transporte.

DMT – Distância Média de Transporte.

E – Fator de Empolamento.

Mt – Massa Total.

Vc – Volume Compactado.

Vs – Volume Solto a Transportar.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Problema de pesquisa	13
1.2 Justificativa	13
1.3 Objetivo geral	14
1.4 Objetivos específicos	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 Política nacional de resíduos sólidos	16
2.2 Lixões e impactos ambientais típicos	16
2.3 Gerenciamento de áreas contaminadas (gac) e etapas da remediação	17
2.4 Principais tecnologias de remediação aplicáveis a lixões	18
2.5 Requalificação urbana e o desafio das ocupações em áreas de risco.....	18
2.6 Análise de estudos de caso	20
2.6.1 O Encerramento do Lixão da Estrutural (Brasília-DF)	20
2.6.2 A Requalificação Urbana do Paço Municipal (Goiânia-GO)	21
2.7 Saneamento e Saúde Pública: Relação de Custo-Benefício.....	21
3 METODOLOGIA	22
3.1 delineamento da pesquisa	22
3.2 etapas da pesquisa	22
4 PROPOSTAS DE REQUALIFICAÇÃO PARA A ÁREA DO ANTIGO LIXÃO	24
4.1 Análise das alternativas sociais para a comunidade do antigo lixão	24
4.2 Requalificação com foco na permanência da comunidade (urbanização e saneamento ambiental)	24
4.3 Requalificação via reassentamento da comunidade e criação de uso público	25
4.4 Requalificação orientada ao mercado (empreendimento de alto padrão)	25
4.5 Análise de viabilidade econômica (custeio sicro)	26
4.5.1 Parâmetros de Cálculo e Conversão de Unidades	26
4.5.2 Composição do Custo Unitário por Tonelada	27
4.5.3 Custo Final Consolidado	28
4.6 Custo de disposição final em aterro sanitário licenciado	29
4.7 O custo da não urbanização: análise do vazio urbano e perda de receita	29
4.7.1 Perda de Arrecadação Fiscal (IPTU e ITBI)	30
4.7.2 Custo de Manutenção do Passivo	30

5 CONCLUSÃO	32
5.1 Sugestões para trabalhos futuros.....	33
REFERÊNCIAS	34

1 INTRODUÇÃO

A gestão de resíduos sólidos urbanos representa um dos maiores desafios para os municípios brasileiros, e a erradicação dos lixões é uma diretriz central estabelecida pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei nº 12.305/2010, e consolidada pelo Decreto Regulamentador nº 10.936/2022. Apesar do marco legal, a realidade nacional ainda se distancia do ideal: dados recentes da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE) indicam que mais de 1.500 lixões permanecem ativos ou foram encerrados de forma inadequada no país (ABRELPE, 2023). Essa persistência configura um grave passivo socioambiental e revela a urgência de estudos técnicos focados na remediação e requalificação dessas áreas degradadas.

Este cenário nacional se materializa de forma emblemática no município de Palmas–TO. O antigo lixão da capital, localizado no setor Água Fria, foi desativado por volta do ano 2000 em decorrência da implantação da Usina Hidrelétrica Luís Eduardo Magalhães. Contudo, o processo de encerramento não foi acompanhado por um plano de remediação ambiental eficaz, deixando para a cidade um legado de contaminação e risco que perdura até hoje.

A complexidade do problema em Palmas é acentuada por uma dupla crise: ambiental e social. Do ponto de vista ambiental, a ausência de um sistema de engenharia de proteção transforma a área em uma fonte contínua de contaminação do solo e da água subterrânea por metais pesados e compostos orgânicos (AZEVEDO et al., 2015). Uma visita técnica realizada na área em agosto de 2023 constatou a presença de resíduos a apenas 30 cm da superfície, evidenciando um risco iminente e direto. Concomitantemente, a área foi irregularmente ocupada por uma comunidade vulnerável que, sem alternativas de moradia, convive diariamente com os perigos sanitários e geotécnicos, conforme apontam relatórios de órgãos como o Ministério Público do Tocantins (MPTO, 2022).

Agravando este cenário, a manutenção gera um custo invisível, mas severo, ao município. A literatura especializada corrobora que a falta de saneamento pressiona diretamente o sistema de saúde, uma vez que o investimento em infraestrutura sanitária é proporcional à redução de gastos com internações e tratamentos de doenças de veiculação hídrica (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2024).

Neste contexto, a atual conjuntura da política habitacional de Palmas, marcada pelo anúncio de sorteios de unidades habitacionais, apresenta-se como uma janela de oportunidade estratégica para o enfrentamento da questão. No entanto, a solução definitiva demanda uma análise técnica que supere o empirismo, confrontando a viabilidade econômica de duas engenharias distintas:

a remoção total do passivo para a recuperação da área urbana em relação à remediação local (*in-situ*) combinada com o reassentamento da população.

Figura 1 – Localização da área de estudo no município de Palmas-TO



Fonte: Elaborado pelo autor com base no Google Earth (2025)

1.1 Problema de pesquisa

A presença de moradias irregulares no antigo lixão de Palmas, associada à perfuração de poços e fossas sépticas dentro da área de aterro, além da ocorrência de saídas de água nos taludes, aponta para potenciais riscos de contaminação ambiental e à saúde da população, conforme constatado em relatórios de fiscalização (MPTO, 2022). Nesse contexto, surge o questionamento: quais medidas de viabilidade técnica, ambiental e social podem ser adotadas para minimizar os impactos causados pela ocupação irregular e promover a regularização da situação dos moradores instalados no antigo lixão de Palmas?

1.2 Justificativa

A presente pesquisa justifica-se a partir de uma problemática de tripla dimensão – social, ambiental e de saúde pública – materializada na ocupação irregular do antigo lixão de Palmas-TO. Embora a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei Nº 12.305/10) determine a erradicação de lixões e a recuperação de áreas degradadas (CEMPRE, 2018), a realidade nacional demonstra que 31,9% dos municípios ainda mantêm essas estruturas ativas, um legado que impõe desafios complexos para o planejamento urbano e a gestão ambiental (ABRELPE, 2023). O caso de Palmas é emblemático, representando a urgência de se desenvolver estratégias eficazes para a requalificação de passivos ambientais em áreas urbanas consolidadas.

A relevância deste estudo é amplificada pelos riscos iminentes e sinérgicos observados na área. Conforme aponta Silva (2025), a ocupação desordenada resultou na instalação de fossas sépticas e na perfuração de poços diretamente sobre o corpo do antigo aterro, criando vetores diretos para a contaminação do solo e do lençol freático. Este cenário, associado à drenagem de chorume e águas contaminadas pelos taludes, expõe a comunidade a agravos à saúde e compromete a qualidade ambiental de uma área estratégica da cidade. A persistência dessa condição não apenas viola as diretrizes sanitárias e ambientais, mas também aprofunda a exclusão social de centenas de famílias que vivem sob condições de insalubridade.

Frente a este quadro, identifica-se uma lacuna fundamental no conhecimento técnico-científico aplicado à realidade local. Inexistem, até o momento, estudos aprofundados que avaliem, de forma comparativa e integrada, a viabilidade de soluções de engenharia para a remediação e requalificação da área do antigo lixão de Palmas, considerando suas especificidades geológicas, hidrológicas e socioeconômicas.

Portanto, a pertinência deste trabalho reside na sua proposta de preencher essa lacuna, ao investigar e propor soluções técnicas sustentáveis para a requalificação da área, alinhando segurança ambiental e justiça social. Com base em metodologias consagradas para caracterização de áreas contaminadas e em tecnologias de remediação discutidas na literatura internacional (e.g., YE et al., 2019), o estudo transcende o diagnóstico e avança para a proposição de alternativas viáveis. As contribuições esperadas são:

Social: Fornecer subsídios para a criação de um ambiente urbano seguro e salubre para a população residente, promovendo sua integração à cidade.

Ambiental: Desenvolver um plano para mitigar um foco de contaminação, protegendo os recursos hídricos e o solo de Palmas.

Acadêmica e Institucional: Gerar conhecimento aplicado que poderá servir de modelo para outras cidades brasileiras com desafios similares e subsidiar a tomada de decisão por parte do poder público municipal e dos órgãos ambientais.

1.3 Objetivo geral

Propor soluções integradas de requalificação ambiental e urbanística para a área do antigo lixão de Palmas-TO, visando a melhoria da qualidade de vida da comunidade residente e a mitigação dos passivos socioambientais.

1.4 Objetivos específicos

Identificar, por meio de revisão de literatura, as principais alternativas para a recuperação de áreas de lixões desativados, abrangendo abordagens biológicas, ecológicas e de sustentabilidade financeira.

Analisar a viabilidade das alternativas identificadas, comparando-as segundo critérios de aplicabilidade técnica, impacto ambiental e viabilidade econômica para o contexto de Palmas-TO.

Estruturar diretrizes para a implementação da solução de requalificação considerada mais adequada para a área, indicando as principais etapas e os benefícios esperados.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

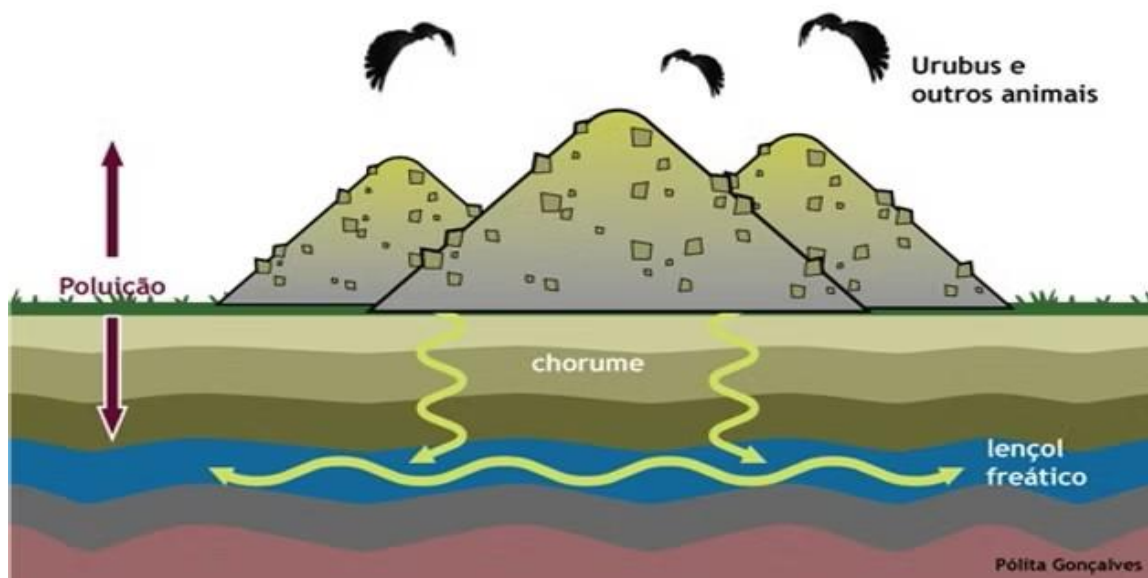
2.1. Política Nacional de Resíduos Sólidos

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº 12.305/2010, ganhou regulamentação consolidada pelo Decreto nº 10.936/2022, que detalha instrumentos, responsabilidades compartilhadas e diretrizes para disposição final ambientalmente adequada, logística reversa e encerramento de lixões (BRASIL, 2022). Em termos de governança setorial e indicadores, os relatórios Panorama dos Resíduos Sólidos destacam que o país ainda enfrenta desafios na erradicação de lixões e na universalização da disposição adequada, com reflexos diretos em saúde pública e meio ambiente (ABRELPE, 2023). A área do antigo lixão do setor Água Fria se insere nesse contexto de passivo ambiental histórico que exige ações de encerramento técnico, remediação e gestão social, conforme previsto na PNRS e seu decreto regulamentador (BRASIL, 2022).

2.2. Lixões e impactos ambientais típicos

Lixões caracterizam-se pela disposição a céu aberto, sem impermeabilização de base, sem sistemas de drenagem e tratamento de lixiviados e sem manejo de biogás, favorecendo contaminação do solo e das águas subterrâneas por metais e compostos orgânicos, além de emissões difusas de gases (ABRELPE, 2023; BOSCOV, 2016). Estudos técnicos reportam presença recorrente de Pb, Cd, Cr, Zn, Mn e outros elementos em matrizes solo/água em áreas de disposição inadequada, alterando as propriedades físico-químicas do meio (SANTOS; OLIVEIRA, 2021; AZEVEDO et al., 2015). Esses processos afetam propriedades físico-químicas do solo (pH, CTC, condutividade) e ampliam riscos ecotoxicológicos como mostrado na **Figura 2**.

Figura 2 – Esquema ilustrativo da contaminação do solo e aquífero em lixões



Fonte: Trilho Ambiental (2019)

2.3 Gerenciamento de Áreas Contaminadas (GAC) e Etapas da Remediação

A recuperação de uma área degradada por um lixão não é um processo arbitrário, mas sim uma atividade técnica complexa, guiada por um conjunto de procedimentos conhecido como Gerenciamento de Áreas Contaminadas (GAC). O GAC pode ser definido como um método sistemático que visa identificar, caracterizar, avaliar e intervir em uma área, a fim de torná-la segura para o uso pretendido, seja ele qual for (BIDONE; POVINELLI, 2018). No Brasil, o principal marco regulatório para esta atividade é a Resolução CONAMA nº 420, de 28 de dezembro de 2009, que, embora anterior ao marco temporal recente, estabelece as diretrizes e os procedimentos fundamentais que continuam a orientar as práticas atuais no país (BRASIL, 2009).

O processo de GAC é classicamente dividido em etapas sequenciais e interdependentes, que permitem um aprofundamento progressivo do conhecimento sobre a área e seus riscos. Segundo Boscov (2016), as etapas principais são:

Avaliação Preliminar: Fase de levantamento de informações existentes para identificar indícios de contaminação na área.

Investigação Confirmatória: Etapa de campo onde se realizam amostragens de solo e água para confirmar ou refutar a existência da contaminação suspeita.

Investigação Detalhada: Caso a contaminação seja confirmada, esta fase busca delimitar a extensão tridimensional da pluma de contaminação e caracterizar em detalhe o meio físico.

Avaliação de Risco à Saúde Humana: Estudo que quantifica os riscos que os contaminantes presentes na área oferecem à saúde das pessoas que a utilizam ou que podem vir a utilizá-la.

Plano de Intervenção/Remediação: Com base na avaliação de risco, são propostas e selecionadas as tecnologias de remediação mais adequadas para atingir as metas de limpeza estabelecidas.

Dessa forma, a aplicação dos princípios do GAC é condição essencial para fundamentar qualquer proposta de requalificação para o antigo lixão de Palmas, garantindo que as decisões sejam baseadas em diagnósticos técnicos precisos e voltadas para a proteção da saúde humana e do meio ambiente.

2.4 Principais Tecnologias de Remediação Aplicáveis a Lixões

A seleção de uma tecnologia de remediação depende de uma série de fatores, como o tipo de contaminante, as características do solo e da água subterrânea, os custos e o tempo disponível para a intervenção. As alternativas podem ser amplamente categorizadas em técnicas de contenção e de tratamento (SANTOS; OLIVEIRA, 2021).

As técnicas de contenção visam isolar a fonte de contaminação e controlar a migração dos poluentes. Entre as mais comuns para áreas de lixões, destacam-se o capeamento (ou cobertura), que consiste na implantação de um sistema de camadas sobre o lixo para evitar a infiltração de água de chuva e a saída de gases; a instalação de barreiras verticais e horizontais para isolar o fluxo de água subterrânea; e a implementação de sistemas de drenagem e tratamento de lixiviados (chorume) (SANTOS; OLIVEIRA, 2021).

Por outro lado, as técnicas de tratamento têm como objetivo degradar, transformar ou remover os contaminantes do meio. As abordagens biológicas são particularmente promissoras, como a biorremediação, que utiliza microrganismos para decompor poluentes orgânicos, e a fitorremediação, que emprega plantas para extrair ou degradar contaminantes (COSTA, 2020). Técnicas físico-químicas, como a Oxidação Química In Situ (ISCO), que injeta reagentes oxidantes no subsolo, também são amplamente utilizadas para a degradação de compostos mais resistentes (BIDONE; POVINELLI, 2018).

2.5 Requalificação Urbana e o Desafio das Ocupações em Áreas de Risco

A requalificação do antigo lixão de Palmas transcende a dimensão puramente ambiental, uma vez que a área é também um espaço de moradia e de profunda vulnerabilidade social. A sobreposição de riscos ambientais (contaminação) e carências sociais (falta de infraestrutura, insegurança da posse) caracteriza o que se define como vulnerabilidade socioambiental, um fenômeno recorrente nas periferias das cidades brasileiras onde populações de baixa renda ocupam áreas ambientalmente frágeis ou degradadas (ACSELRAD, 2015).

A legislação urbanística brasileira, em especial o Estatuto da Cidade (Lei nº 10.257/2001), prevê instrumentos para lidar com tais situações. Ferramentas como a demarcação de Zonas

Especiais de Interesse Social (ZEIS) e os programas de Regularização Fundiária de Interesse Social visam garantir o direito à moradia digna e a integração de assentamentos precários à cidade formal (BRASIL, 2001). A aplicação desses instrumentos, no entanto, é complexa e exige um diálogo profundo entre planejamento urbano, engenharia ambiental e política social (FERNANDES, 2022).

Diante de uma ocupação em área de risco contaminada, emerge um dilema central para o poder público: optar pela remoção e reassentamento das famílias para um local seguro, visto que a cidade de Palmas conta com um programa de sorteio de unidades habitacionais, ou investir na remediação e urbanização da área para garantir a permanência da comunidade com segurança. Ambas as alternativas apresentam vantagens e desafios de ordem técnica, econômica e, sobretudo, humana, exigindo uma análise criteriosa que considere o vínculo da comunidade com o local e o direito à cidade (FERNANDES, 2022).

Figura 3 – Evolução da ocupação irregular na área do antigo lixão (maio de 2015 - novembro de 2025)

Imagem A: maio de 2015 (Lixão desativado, área vazia)



Imagem B: novembro de 2025 (Área densamente ocupada)



Fonte: Elaborado pelo autor com base no Google Earth (2025)

2.6 Análise de estudos de caso

A requalificação de áreas degradadas por lixões é um desafio complexo como já abordado neste trabalho, mas há experiências de sucesso no Brasil que demonstram a viabilidade de soluções técnicas e de planejamento urbano. Entre essas experiências destacam-se dois casos emblemáticos: o encerramento do Lixão da Estrutural em Brasília-DF, considerado o maior da América Latina, e a transformação de uma área degradada em Goiânia-GO no novo centro cívico da cidade.

2.6.1 O Encerramento do Lixão da Estrutural (Brasília-DF)

O caso de Brasília é uma referência fundamental no que diz respeito ao processo de encerramento de um lixão e à gestão do passivo ambiental e social. O Aterro Controlado do Jóquei, conhecido como Lixão da Estrutural, foi por décadas o maior depósito de resíduos ao ar livre da América Latina (AGÊNCIA BRASIL, 2018a; O ECO, 2018). Após quase 60 anos de funcionamento, o lixão foi oficialmente fechado em janeiro de 2018 (AGÊNCIA BRASIL, 2018b).

Este fechamento só foi possível com a inauguração de uma solução de engenharia moderna, o Aterro Sanitário de Brasília (ASB), localizado em Samambaia, que passou a receber os resíduos do Distrito Federal de forma ambientalmente adequada (PSB 40, 2018). A área do antigo lixão, um passivo ambiental de mais de 200 hectares, não foi simplesmente abandonada; ela entrou em um complexo processo de remediação, que inclui o capeamento (cobertura) do maciço de lixo e a instalação de sistemas para captura e queima do biogás (CAPELARI et al., 2020).

Este caso ilustra a complexidade logística, política e social (especialmente na transição dos catadores de materiais recicláveis) envolvida no encerramento de um lixão (CAPELARI et al., 2020), alinhando-se à discussão do Cenário 2.

2.6.2 A Requalificação Urbana do Paço Municipal (Goiânia-GO)

Se o caso de Brasília exemplifica o *processo* de fechamento, o de Goiânia ilustra o potencial de transformação de uma área, alinhando-se ao Cenário 3. No início dos anos 1990, a prefeitura deu início a um audacioso projeto de requalificação de uma vasta área não centralizada, que incluía a antiga Fazenda Gameleira (SAGRES 730, 2023).

No local, foi construído o "Palácio das Campinas Venerando de Freitas Borges", o Paço Municipal de Goiânia, inaugurado por volta do ano 2000. A obra transformou uma área periférica e degradada no novo centro cívico e administrativo da capital, abrigando a sede da Prefeitura e diversas secretarias, além de incluir a criação do Parque do Paço, que funciona como uma praça pública (SAGRES 730, 2023).

O exemplo de Goiânia é importante por quebrar o estigma de que uma área degradada está fadada a usos de baixo valor. Ele prova que, com o tratamento adequado e visão de planejamento, um passivo ambiental pode ser convertido no centro simbólico do poder municipal.

2.7 Saneamento e Saúde Pública: Relação de Custo-Benefício.

A relação entre má qualidade do saneamento e o aumento das despesas em saúde pública é amplamente documentada na literatura recente. A persistência de áreas contaminadas e a falta de manejo adequado de resíduos atuam como vetores diretos de doenças de veiculação hídrica e arboviroses como Dengue e Chikungunya, gerando uma sobrecarga evitável ao Sistema Único de Saúde (SUS), principalmente durante os períodos chuvosos (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2024).

Segundo o relatório mais recente do Instituto Trata Brasil (2024), a ausência de saneamento adequado foi responsável por mais de 320 mil internações no país nos últimos anos, resultando em custos bilionários para os cofres públicos. O estudo se alinha com a premissa de que a universalização dos serviços e a erradicação de lixões trazem benefícios econômicos quase imediatos: além da valorização imobiliária, a redução de afastamentos por doenças aumenta a produtividade média do trabalhador e diminui os gastos com internações e tratamentos crônicos (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2024). Portanto, a remediação de passivos ambientais deve ser compreendida sob a ótica da eficiência econômica do Estado.

3. METODOLOGIA

Sobre os procedimentos metodológicos adotados para atingir os objetivos propostos, detalhando o delineamento da pesquisa, as etapas executadas e os instrumentos de análise utilizados. A metodologia foi estruturada para garantir uma abordagem sistemática e coerente na investigação da requalificação do antigo lixão de Palmas-TO.

3.1 Delineamento da Pesquisa

O delineamento metodológico, ou seja, o desenho da pesquisa, foi definido com base em sua natureza, objetivos e procedimentos técnicos, conforme as classificações propostas por autores da área de metodologia científica.

Quanto à abordagem: A pesquisa adota uma abordagem qualitativa. Este método não se concentra na quantificação de dados, mas sim na compreensão aprofundada e na interpretação de um fenômeno complexo em seu contexto particular. Segundo Creswell e Poth (2016), a abordagem qualitativa é ideal para explorar um problema central, permitindo que o pesquisador desenvolva uma análise detalhada a partir de múltiplas fontes de informação.

Quanto aos objetivos: A pesquisa classifica-se como exploratória e descritiva. É exploratória por buscar maior familiaridade com um problema ainda pouco explorado no contexto local – a requalificação de um lixão em Palmas-TO. Conforme Gil (2018), a pesquisa exploratória visa aprimorar ideias e descobrir intuições. É também descritiva, pois se propõe a descrever detalhadamente as características da área de estudo e as tecnologias de remediação, correlacionando os fatos sem manipulá-los (PRODANOV; FREITAS, 2013).

Quanto aos procedimentos técnicos: O trabalho foi conduzido como um estudo de caso, apoiado por pesquisa bibliográfica e documental. O estudo de caso é o procedimento ideal para investigar um fenômeno contemporâneo em profundidade e em seu contexto real (YIN, 2015). A pesquisa bibliográfica forneceu a fundamentação teórica a partir de artigos, teses e livros, enquanto a pesquisa documental se baseou em leis, decretos e relatórios técnicos.

3.2 Etapas da Pesquisa

O percurso da investigação foi organizado em quatro etapas sequenciais e interdependentes, alinhadas aos objetivos específicos do estudo.

Etapas 1 – Levantamento e Sistematização da Base Teórico-Conceitual

Nesta fase inicial, foi realizada uma pesquisa bibliográfica para construir o referencial teórico. A busca foi conduzida em bases de dados científicas, como Scielo, Google Acadêmico e Portal de Periódicos da Capes, utilizando os descritores: "remediação de lixões", "passivos ambientais", "requalificação de áreas contaminadas" e "urbanização em áreas de risco". Adicionalmente, foi realizada uma pesquisa documental que incluiu a análise da Lei nº

12.305/2010 (PNRS), do Decreto nº 10.936/2022 e de relatórios técnicos da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE).

Etapa 2 – Caracterização do Estudo de Caso

Esta etapa focou na descrição detalhada da área de estudo, o antigo lixão de Palmas-TO. Para tal, foram coletados e analisados dados secundários, que, segundo Marconi e Lakatos (2017), são aqueles já coletados por outras fontes em que servem aos propósitos de uma nova pesquisa. Foram utilizadas imagens de satélite (plataforma Google Earth Pro), mapas georreferenciados, reportagens e documentos públicos da Prefeitura Municipal de Palmas e de órgãos ambientais, a fim de compreender o histórico de uso e ocupação, a localização e os principais riscos socioambientais da área.

Etapa 3 – Análise Comparativa das Alternativas de Requalificação

Com base na literatura levantada na Etapa 1, as principais tecnologias e estratégias de requalificação ambiental e urbanística foram sistematizadas e comparadas. Para organizar a análise, foi elaborado um quadro-síntese, uma ferramenta metodológica que permite a visualização e comparação de múltiplas variáveis (GIL, 2018). Os critérios de comparação incluíram: viabilidade técnica, sustentabilidade ambiental, custos estimados de implementação e adequação ao contexto social de Palmas.

Etapa 4 – Estruturação das Diretrizes Propositivas

Como culminância da pesquisa e em resposta direta ao objetivo geral, os resultados das etapas anteriores foram consolidados para a elaboração de diretrizes para a requalificação da área. Esta etapa não consistiu em um projeto executivo, mas sim na proposição de um conjunto de recomendações estratégicas, indicando as soluções técnicas mais adequadas e as ações sociais e urbanísticas recomendadas, fundamentadas em toda a análise realizada.

4. PROPOSTAS DE REQUALIFICAÇÃO PARA A ÁREA DO ANTIGO LIXÃO

A definição do futuro uso e ocupação da área do antigo lixão de Palmas transcende uma decisão puramente técnica, envolvendo complexas variáveis sociais, econômicas e políticas. A seguir, são apresentados e analisados três cenários distintos para a requalificação da área, cada um fundamentado em uma lógica de intervenção diferente, com suas respectivas vantagens e desafios.

4.1 Análise das Alternativas Sociais para a Comunidade do Antigo Lixão

O reassentamento de comunidades em áreas de risco é uma das estratégias previstas no planejamento urbano (FERNANDES, 2022). Embora apresente desafios sociais, como a possível quebra de laços comunitários, essa alternativa se torna particularmente viável no contexto atual de Palmas.

No caso específico de Palmas, a alternativa do reassentamento ganha uma dimensão prática e imediata devido à política habitacional em curso no município. O recente anúncio pela Prefeitura de Palmas sobre o sorteio de 496 unidades habitacionais no Residencial Parque dos Ipês I, II, III, representa uma oportunidade concreta para a viabilização desta estratégia (PALMAS, 2025). A inclusão prioritária das famílias residentes na área do antigo lixão neste programa habitacional poderia solucionar definitivamente o principal problema dos moradores da comunidade.

4.2 Requalificação com Foco na Permanência da Comunidade (Urbanização In-situ)

Este cenário fundamenta-se nas diretrizes do Estatuto da Cidade, Lei nº 10.257/2001 (BRASIL, 2001), e nos instrumentos de regularização fundiária de interesse social, partindo da premissa de manutenção da comunidade no local onde já estabeleceu vínculos territoriais (FERNANDES, 2022). A estratégia consiste em promover a urbanização do assentamento precário, levando infraestrutura básica (água, esgoto, pavimentação) e melhorias habitacionais para a área ocupada, alinhando-se às políticas de integração de favelas (DENALDI, 2018).

Do ponto de vista da engenharia, esta alternativa exige a aplicação rigorosa do Gerenciamento de Áreas Contaminadas (GAC) em um ambiente habitado. A intervenção técnica demandaria a instalação de sistemas de contenção e barreiras físicas para impedir o contato direto dos moradores com os resíduos, conforme preconiza Boscov (2016). Além disso, seriam necessários sistemas de drenagem ativa de gases (biogás) e monitoramento contínuo de vapores intrusivos nas residências, visto que a decomposição da matéria orgânica no subsolo permanece ativa (SANTOS; OLIVEIRA, 2021). Trata-se, portanto, de uma solução de convivência gerenciada com o passivo ambiental.

4.3 Requalificação via Reassentamento e Criação de Parque Urbano

O segundo cenário adota o princípio da precaução, priorizando a eliminação do risco de exposição humana direta através da desocupação da área. A viabilidade operacional desta estratégia apoia-se na atual política habitacional do município de Palmas, utilizando os sorteios de unidades habitacionais — como o Residencial Palmas Solar ou Parque dos Ipês — como mecanismo de reassentamento prioritário para as famílias da área degradada (PALMAS, 2025). Com a retirada da população, a engenharia de remediação torna-se menos restritiva do que no uso residencial. A intervenção técnica foca no confinamento do maciço de resíduos (*in-situ*) através de técnicas de capeamento (cobertura final) e paisagismo, transformando a área em um Parque Urbano (SANTOS; OLIVEIRA, 2021). Esta estratégia converte o passivo ambiental em um equipamento de lazer e preservação, similar aos processos de recuperação observados em outras capitais, gerando benefícios ecossistêmicos para a cidade (JACOBI; FRACALANZA, 2016), exigindo monitoramento ambiental, porém sem a complexidade crítica de garantir a salubridade para habitação permanente sobre o aterro.

4.4 Requalificação Orientada ao Mercado (Remoção Total Ex-situ)

A terceira via propõe uma solução definitiva para o passivo ambiental através da remoção completa dos resíduos (*ex-situ*). Diferente das anteriores, esta estratégia visa liberar o potencial imobiliário do terreno, localizado em uma região valorizada da capital (Setor Água Fria), para o desenvolvimento de empreendimentos de médio ou alto padrão. A viabilidade financeira baseia-se na teoria da recuperação da mais-valia fundiária de vazios urbanos estratégicos (SMOLKA, 2015).

Tecnicamente, esta opção envolve a escavação, carga e transporte de todo o volume de resíduos e solo contaminado para um aterro sanitário licenciado. Embora represente o maior custo operacional inicial — devido às tarifas de disposição final e logística —, esta engenharia "limpa" o terreno (*Greenfield*), eliminando riscos futuros de recalque ou explosão. A valorização do solo recuperado poderia atrair parcerias público-privadas para custear a remediação, seguindo a lógica dos grandes projetos urbanos de renovação (VAINER, 2017). Contudo, é necessário cautela para que o processo não resulte apenas em gentrificação e expulsão da população local sem contrapartidas justas (SOUZA, 2019).

Dadas as especificidades técnicas de engenharia e as distintas implicações sociais descritas acima, torna-se necessário confrontar as alternativas de forma direta. O Quadro a seguir sintetiza a análise comparativa, destacando os pontos críticos de viabilidade, custo e risco que diferenciam cada cenário e orientam a conclusão deste estudo.

Quadro 1 – Comparativo dos Cenários de Intervenção Propostos

Critério de Análise	Cenário 1: Permanência (Urbanização)	Cenário 2: Reassentamento + Parque Urbano	Cenário 3: Remoção Total + Mercado Imobiliário
Lógica Central	Manutenção da comunidade no local (<i>In-situ</i>).	Eliminação do risco humano e criação de lazer (<i>In-situ</i>).	Eliminação do passivo e valorização econômica (<i>Ex-situ</i>).
Solução Social	Regularização fundiária e urbanização de favela.	Reassentamento (uso da política habitacional).	Reassentamento (uso da política habitacional).
Engenharia Exigida	Alta complexidade: Barreiras de gás e tratamento com casas habitadas.	Média complexidade: Confinamento (capeamento) e paisagismo.	Alta complexidade: Escavação, carga e transporte de todo o maciço.
Investimento Inicial	Alto: Infraestrutura urbana em terreno instável.	Médio: Movimentação de terra e equipamentos de lazer.	Alta: Elevado custo com Tarifa de Disposição Final.
Retorno Financeiro	Nulo (Despesa a fundo perdido).	Indireto (Economia em saúde pública e valorização do entorno).	Alto (Potencial): Venda de lotes em área nobre recuperada.
Risco Residual	Crítico: Risco contínuo de explosão (gases) e recalque.	Baixo: Área aberta, ventilada e monitorada.	Nulo: Eliminação completa da fonte de contaminação.
Conclusão de Viabilidade	Inviável: Risco à vida supera o benefício social.	Viável (Social/Ambiental): Melhor custo-benefício público.	Viável (Econômica): Depende de PPP e valorização imobiliária.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

A análise comparativa evidencia que o Cenário 1 apresenta riscos operacionais críticos incompatíveis com a segurança habitacional. Restam, portanto, as alternativas que envolvem a desocupação da área (Cenários 2 e 3). Embora o Cenário 2 (Parque Urbano) seja menos oneroso, o Cenário 3 (Remoção Total) oferece a solução ambiental definitiva. Para verificar se esta última alternativa é exequível não apenas tecnicamente, mas também financeiramente, torna-se indispensável mensurar os custos reais da operação de engenharia envolvida, conforme detalhado na análise econômica a seguir.

4.5 Análise de viabilidade econômica (custeio sicro)

4.5.1 Parâmetros de Cálculo e Conversão de Unidades

Para conferir maior precisão à estimativa de custos da remoção do passivo ambiental (Cenários 2 e 3), a metodologia de cálculo foi refinada para considerar não apenas o volume, mas também a massa do material a ser transportado. O transporte de resíduos sólidos e solo é frequentemente tarifado por peso (tonelada), exigindo a conversão do volume solto através da densidade do material.

Foram adotados os parâmetros do Sistema de Custos Referenciais de Obras (SICRO) aplicados a um volume amostral de referência, considerando uma densidade de solo solto de 1,45 t/m³, conforme diretrizes metodológicas para terraplenagem e movimentação de carga do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (BRASIL, 2017).

Quadro 2 – Dados de Entrada e Conversão de Volume para Massa

Dados de Entrada e Conversões				
Item	Símbolo	Valor	Unidade	Justificativa
Volume Compactado	Vc	510	m³	Volume do solo na origem.
Fator de Empolamento	E	0,25	-	Fator médio para solo ($V_s = V_c \times 1,25$), conforme parâmetros de terraplenagem do DNIT (2017)
Volume Solto a Transportar	Vs	637,50	m³	Volume real transportado pelo caminhão.
Densidade do Solo Solto	Psolta	1,45	ton/m³	Média de material de 1ª categoria solto.
Massa Total a Transportar	Mt	924,38	ton	$V_s \times P_{solta}$ (Base do custo em toneladas)
DMT (Distância Média de Transporte)	DMT	38	km	Distância de ida para o bota-fora.
BDI (Benefícios e Despesas Indiretas)	BDI	28,00%	-	Taxa de referência para obras públicas, conforme Acórdão 2.622/2013 do TCU (BRASIL, 2013)

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

4.5.2 Composição do Custo Unitário por Tonelada

Este estudo decompôs o custo unitário por tonelada transportada. Para isso, os custos originais de referência (em R\$/m³) foram divididos pela densidade (1,45), resultando em um custo mais assertivo para a operação de carga e transporte pesado, importante ressaltar que a etapa de transporte considera o custo por quilômetro rodado ajustado para tonelada (0,448 R\$ / ton x km) multiplicado pela distância de 38km.

O Quadro 3 apresenta a composição do Custo Unitário Direto, que totalizou R\$ 36,33 por tonelada.

Quadro 3 – Composição do Custo Unitário Direto por Tonelada

Composição do Custo Unitário Direto por Tonelada					
Etapa	Descrição	Unidade Base	Custo Unitário Original (R\$/m³)	Custo Unitário por Ton (R\$)	Detalhamento
1	Carga Mecanizada	m³ solto	3	$3,00 / 1,45 = 2,07$	Uso da escavadeira/carregadeira e mão de obra.
2	Transporte	ton x km	$0,65 / 1,45 = 0,448$	$0,448 \times 38 \text{ km} = 17,02$	Uso do Caminhão Basculante por ton x km
3	Descarga e Taxa de Aterro	m³ solto	25	$25,00 / 1,45 = 17,24$	Custo do descarte final e compactação no local.
TOTAL	Custo Unitário Direto (Cu)	ton		36,33	$2,07 + 17,02 + 17,24$

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

4.5.3 Custo Final Consolidado

O custo final para a remoção do volume de referência (510 m³ compactados, resultando em 924,38 toneladas) foi obtido multiplicando-se a massa total pelo custo unitário e aplicando-se a taxa de BDI de 28% para cobrir custos indiretos e lucro operacional.

Para a composição do preço final de venda, aplicou-se uma taxa de BDI (Benefícios e Despesas Indiretas) estimada em 28,00%. Este percentual foi adotado como parâmetro de referência com base nos limites estabelecidos pelo Acórdão n.º 2.622/2013 do Tribunal de Contas da União (TCU) para obras de infraestrutura e construção pesada (BRASIL, 2013).

Quadro 4 – Custo Final do Serviço (Com BDI)

Custo Final do Serviço (Com BDI)			
Descrição do Custo	Fórmula	Memória de Cálculo	Valor (R\$)
Custo Direto Total	$Mt \times CU$	$924,38 \text{ ton} \times 36,33 \text{ R\$/ton}$	33.589,83
Valor do BDI (28%)	$CDireto \times 0,28$	$33.589,83 \times 0,28$	9.405,15
Custo Total (Final)	$CDireto + BDI$	-	43.000,98

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

A análise final demonstra que, para a remoção da área de 510 m³ de resíduo compactado, o custo estimado é de aproximadamente R\$ 43.000,00. Este valor serve como base paramétrica para projetar o orçamento necessário para a remediação completa via remoção (*ex-situ*), reforçando a necessidade de comparação com as técnicas de remediação local (*in-situ*) propostas no Cenário 1.

4.6 Custo de Disposição Final em Aterro Sanitário Licenciado

A viabilidade econômica da remoção do passivo ambiental (*ex-situ*) depende diretamente da Tarifa de Disposição Final, que corresponde ao valor cobrado pelo aterro sanitário receptor para a pesagem, tratamento e confinamento seguro dos resíduos.

A composição de custos foi estruturada em três macroetapas: Carga, Transporte e Destinação Final. Nesta última, foi inserido o custo da Tarifa de Recebimento (*Gate Fee*), que é o valor cobrado pelo aterro sanitário privado ou público para receber, tratar e monitorar o resíduo.

Adotou-se o valor de referência de R\$ 109,00 por tonelada, compatível com preços praticados em aterros licenciados para resíduos sólidos urbanos (Classe II-A) no Brasil, conforme dados do Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos (BRASIL, 2023).

Quadro 5 – Composição Analítica do Custo por Tonelada

Composição Analítica do Custo por Tonelada				
Etapa	Descrição	Custo Base	Cálculo Unitário	Custo Final
1	Carga Mecanizada	R\$ 3,00/m³	3,00 / 1,45	2,07
2	Transporte (38 km)	R\$ 0,65 / m³/km	(0,65 / 1,45) x 38	17,02
3	Descarga Operacional	R\$ 5,00/m³	Custo de máquina no aterro	3,45
4	Tarifa de Disposição	R\$ 109,00/ton	Taxa de Recebimento (<i>Gate Fee</i>)	109
5	Custo Unitário (CU)	-	Soma das Etapas	131,54
6	Custo Direto Total	924,38t x 131,54 R\$/t	-	121.592,94
7	BDI (28,00%)	121.592,94 x 0,28	-	34.046,02
TOTAL	Custo Final da Operação	Custo Direto + BDI	-	155.638,96

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Este custo não se refere apenas ao espaço físico ocupado ("alocação"), mas engloba toda a operação do aterro receptor, incluindo a impermeabilização de novas células, o tratamento do chorume, a queima de biogás e o monitoramento ambiental perpétuo exigido pela legislação. A inclusão desta tarifa no orçamento é indispensável, visto que representa o maior impacto financeiro da operação, superando os custos de escavação e transporte.

A inclusão da Tarifa de Disposição Final revelou-se o fator de maior impacto financeiro, representando aproximadamente 82% do custo direto da operação. Com a atualização, o custo para remover o bloco de referência saltou de R\$ 43 mil para mais de R\$ 155 mil.

4.7 O custo da não urbanização: Análise do Vazio Urbano e Perda de Receita

Além dos custos diretos de remediação e transporte, a análise de viabilidade deve considerar o custo de oportunidade de manter uma área de grandes proporções inutilizada ou subutilizada em uma região valorizada da capital. O conceito de "Custo da Não Urbanização" refere-se à perda econômica e social gerada pela existência de um vazio urbano dotado de infraestrutura

no entorno (água, energia, transporte), mas que não cumpre sua função social nem gera retorno financeiro ao município.

4.7.1 Perda de Arrecadação Fiscal (IPTU e ITBI)

A área do antigo lixão representa um "ativo morto" para a administração pública, considerando que a área do antigo lixão está ocupada desde o período de 2015, estima-se um montante acumulado de aproximadamente R\$ 900.000,00 que deixaram de ser arrecadados pela administração pública. Enquanto áreas vizinhas urbanizadas geram receita recorrente através do Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU) e receitas pontuais via Imposto sobre Transmissão de Bens Imóveis (ITBI), a área degradada não contribui para o erário.

Para estimar este impacto, pode-se realizar uma projeção simplificada do potencial de arrecadação caso a área fosse convertida em um empreendimento regular (Cenário 3) ou regularizada (Cenário 1), utilizando as alíquotas vigentes no Código Tributário do Município (PALMAS, 2013).

Quadro 6 – Estimativa de Renúncia de Receita (Potencial de IPTU)

Variável	Valor Estimado	Fonte/Referência
Área Total do Terreno	51.000 m²	Estimativa baseada na mancha do lixão
Potencial de Lotes (Uso Misto)	~120 lotes	Considerando lotes de 300m² + áreas públicas
Valor Venal Médio (Região)	R\$ 60.000,00	Pesquisa de mercado realizada em portais imobiliários (OLX/Zap Imóveis) em nov. 2025 para a região Norte de Palmas.
Alíquota de IPTU (Imóvel Edificado)	1,0% a 1,5%	Para estimar este impacto, realizou-se uma projeção baseada nas alíquotas previstas na Lei Complementar nº 285/2013, que institui o Código Tributário do Município de Palmas (PALMAS, 2013)
Arrecadação Anual Perdida	~ R\$ 90.000,00 / ano	Cálculo Estimado

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

4.7.2 Custo de Manutenção do Passivo

Além da receita que não entra, existe o custo da despesa que sai. Uma área não urbanizada e degradada exige gastos públicos constantes para minimizar alguns problemas referentes à ocupação irregular, tais como:

Saúde Pública: Tratamento de doenças causadas por vetores (dengue, leishmaniose) que proliferam no lixo acumulado, gerando pressão sobre o sistema de saúde local, conforme correlacionado em estudos sobre saneamento inadequado (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2024).

Limpeza Urbana e Fiscalização: O custo de equipes para apagar incêndios criminosos na vegetação/lixo ou remover entulho novo jogado clandestinamente.

Desvalorização do Entorno: A presença do lixão reduz o valor venal dos bairros vizinhos, fazendo com que a prefeitura também arrecade menos IPTU em toda a região norte.

Portanto, a transformação da área, seja via mercado imobiliário ou via equipamento público, estanca esse problema de recursos públicos voltados para a gestão, convertendo a despesa em investimento e arrecadação.

5. CONCLUSÃO

O presente trabalho dedicou-se a analisar a viabilidade de soluções para a requalificação da área do antigo lixão de Palmas-TO, no setor Água Fria, um passivo socioambiental que persiste há mais de uma década. A pesquisa confirmou, através do diagnóstico técnico e bibliográfico, que a ocupação irregular sobre maciços de resíduos sem a devida impermeabilização expõe a comunidade a riscos inaceitáveis de contaminação por metais pesados e gases, exigindo uma intervenção imediata do poder público.

Com base nos dados levantados, conclui-se que não existe uma solução única, mas sim dois caminhos viáveis de intervenção, cuja escolha depende da diretriz orçamentária e da estratégia de desenvolvimento urbano adotada pelo município.

Quanto à questão central sobre a viabilidade da remoção total dos resíduos (*ex-situ*), a análise econômica fundamentada no Sistema SICRO e nas tarifas de mercado demonstrou que esta é uma alternativa viável. Adotou-se a tarifa média de referência para aterros sanitários de porte médio na região, estimada em R\$ 109,00 por tonelada, conforme dados do Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos (BRASIL, 2023). No entanto, esta alternativa se justifica financeiramente se associada a valorização imobiliária. Ao limpar definitivamente o terreno de 51.000 m², o município libera um ativo urbano valioso em uma região em expansão, permitindo a atração de investimentos privados (Cenário 3) que podem compensar o custo da remediação a longo prazo e eliminar os gastos com monitoramento perpétuo.

Uma alternativa é a manutenção dos resíduos no local (*in-situ*) combinada com reassentamento da comunidade apresenta-se como solução de maior eficiência social e menor custo técnico imediato. Aproveitando a atual política habitacional de Palmas, é possível retirar as famílias da área de risco com a celeridade. Neste cenário, a engenharia foca no confinamento seguro do passivo (capeamento e drenagem de gases) para a criação de um Parque Urbano (Cenário 2). Embora não gere receita imobiliária direta, esta opção transforma um problema sanitário em um equipamento de lazer e preservação, seguindo exemplos de sucesso como observado em Goiânia.

Ambos os cenários exigem, inevitavelmente, a retirada da população da área de risco direto, seja para permitir a remoção ou para garantir a segurança sanitária para a construção de um parque. Portanto, a inércia (não fazer nada) é a única opção inviável.

A análise econômica demonstra que a inércia do poder público diante do passivo ambiental do setor Água Fria representa uma falsa economia. Embora a obra de remediação demande aporte financeiro inicial, ela estanca os custos invisíveis de manutenção do problema.

A intervenção se justifica pela lógica de que o investimento em saneamento diminui drasticamente as despesas com saúde pública. Dados do Ranking do Saneamento (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2024) evidenciam que para cada real investido na melhoria das condições sanitárias, obtém-se um retorno robusto em economia de gastos com saúde curativa. Ao eliminar o foco de contaminação e vetores do antigo lixão, o município de Palmas não apenas cumpre a legislação ambiental, mas realiza um investimento estratégico na qualidade de vida e na saúde preventiva da população da região norte.

5.1 Sugestões para trabalhos futuros

Considerando o passivo ambiental analisado, recomenda-se o desenvolvimento de pesquisas complementares para refinar os dados e subsidiar o projeto executivo de intervenção. Sugere-se:

Investigação Ambiental e Detalhada: Realização de sondagens geofísicas e coleta de amostras de solo e água subterrânea *in loco*. O objetivo é delimitar a contaminação com precisão e realizar a cubagem real do maciço de resíduos, substituindo as estimativas volumétricas por dados primários.

Diagnóstico Socio territorial Participativo: Elaboração de um censo detalhado das famílias residentes na área do antigo lixão, mapeando o perfil socioeconômico e a tipologia das construções, para garantir que o processo de reassentamento habitacional seja dimensionado corretamente.

Estudo de Modelagem de Dispersão de Gases: Monitoramento da emissão de biogás (metano e CO₂) na superfície do aterro para dimensionar o sistema de drenagem de gases necessário, seja para a segurança do parque urbano (Cenário 2) ou para a remediação total.

Desenvolvimento de Anteprojetos Específicos: Elaboração de projetos arquitetônicos e paisagísticos para a implantação do Parque Urbano (Cenário 2), contemplando o uso de espécies vegetais para fitorremediação do solo remanescente.

REFERÊNCIAS

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2023**. São Paulo: ABRELPE, 2023. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/panorama/>. Acesso em: 27 nov. 2025.

ACSELRAD, H. (Org.). **Vulnerabilidade ambiental, desastres e justiça climática**. Rio de Janeiro: Garamond, 2015.

AGÊNCIA BRASIL. Maior lixão da América Latina encerrará atividades neste sábado. **Agência Brasil**, Brasília, 19 jan. 2018a. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2018-01/maior-lixao-da-america-latina-encerrara-atividades-neste-sabado>. Acesso em: 14 nov. 2025.

AGÊNCIA BRASIL. Maior lixão da América Latina será desativado a partir deste sábado. **Agência Brasil**, 20 jan. 2018b. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/en/node/1363057>. Acesso em: 14 nov. 2025.

AZEVEDO, E. B. de et al. Avaliação da contaminação do solo em área de lixão desativado: estudo de caso no município de Pombal–PB. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 10, n. 5, p. 121–127, 2015.

BIDONE, F. R. A.; POVINELLI, J. **Conceitos básicos de resíduos sólidos e proteção da qualidade das águas**. 2. ed. São Carlos: EESC-USP, 2018.

BOSCOV, M. E. G. **Geotecnia ambiental**. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2016.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 420, de 28 de dezembro de 2009. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 30 dez. 2009.

BRASIL. Decreto nº 10.936, de 12 de janeiro de 2022. Regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 12 jan. 2022.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). **Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes: Volume 1 - Metodologia e Conceitos**. 10. ed. Brasília: DNIT, 2017.

BRASIL. Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 11 jul. 2001.

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. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 3 ago. 2010.

BRASIL. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento. **Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos – 2022**. Sistema

Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). Brasília: SNS/MIDR, 2023. Disponível em: <http://www.snis.gov.br>. Acesso em: 29 nov. 2025.

BRASIL. Tribunal de Contas da União. **Acórdão nº 2622/2013 – Plenário**. Relator: Ministro Marcos Bemquerer. Estabelece faixas de valores de taxas de BDI para obras públicas. Brasília: TCU, 25 set. 2013.

CAPELARI, M. G. M. et al. A trajetória de encerramento do maior lixão da América Latina: entre centralização, descentralização e exclusão. **Revista de Administração, Contabilidade e Economia (RACE)**, v. 19, n. 1, p. 147-170, 2020.

CEMPRE – Compromisso Empresarial para Reciclagem. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2018**. São Paulo: CEMPRE, 2018. Disponível em: <https://cempre.org.br/panorama-2018/>. Acesso em: 29 set. 2025.

COSTA, E. M. Biorremediação: princípios e aplicações. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, v. 45, n. 2, p. 112-128, 2020.

CRESWELL, J. W.; POTH, C. N. **Pesquisa qualitativa e projeto de pesquisa**: escolhendo entre cinco abordagens. 3. ed. Porto Alegre: Penso, 2016.

DENALDI, R. (Org.). **Políticas de urbanização de favelas**: uma avaliação das intervenções no Brasil. São Paulo: Annablume, 2018.

FERNANDES, E. **Política Urbana e Direito à Cidade no Brasil**. 3. ed. São Paulo: Almedina, 2022.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2018.

GOOGLE EARTH. **Imagens de satélite do antigo lixão de Palmas-TO**. Versão 7.3. 2025. Nota: Imagens obtidas em nov. 2025.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Ranking do Saneamento 2024**: Benefícios Econômicos e Sociais da Expansão do Saneamento Brasileiro. São Paulo: ITB, 2024. Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/ranking-do-saneamento-2024/>. Acesso em: 01 dez. 2025.

JACOBI, P. R.; FRACALANZA, A. P. **Governança da água e do saneamento em áreas urbanas**. São Paulo: Annablume, 2016.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

MPTO – Ministério Público do Estado do Tocantins. **Relatório de Inspeção Ambiental: Lixão de Palmas**. Palmas: MPTO, 2022.

O ECO. Maior lixão do país foi fechado depois de 60 anos de atividades. **O Eco**, 22 jan. 2018. Disponível em: <https://oeco.org.br>. Acesso em: 14 nov. 2025.

PALMAS (Tocantins). Lei Complementar nº 285, de 2013. Institui o Código Tributário do Município de Palmas. **Diário Oficial do Município**, Palmas, 2013.

PALMAS. Prefeitura. **Prefeitura de Palmas abre inscrições para sorteio de 500 unidades habitacionais no Residencial Palmas Solar**. Palmas, 15 set. 2025. Seção de Notícias. Disponível em: <https://www.palmas.to.gov.br>. Acesso em: 3 out. 2025.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. de. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

PSB 40. Governo de Brasília fecha maior lixão a céu aberto da América Latina e segundo maior do mundo. **PSB 40**, 22 jan. 2018.

SAGRES 730. Paço homenageia primeiro prefeito e origem da cidade. **Sagres 730**, 14 set. 2023. Disponível em: <https://sagresonline.com.br>. Acesso em: 14 nov. 2025.

SANTOS, L. F.; OLIVEIRA, P. R. (Ed.). **Técnicas de Remediação de Sítios Contaminados**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2021.

SILVA, Hévila Antonia Sousa. **Análise preliminar dos impactos ambientais oriundos da ocupação ilegal do lixão desativado de Palmas - TO**. 2025. 56 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, Palmas, 2025.

SMOLKA, M. O. **Especulação imobiliária e o desafio da política de solos urbanos**. Cambridge, MA: Lincoln Institute of Land Policy, 2015.

SOUZA, M. L. de. **ABC do desenvolvimento urbano**. 12. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2019.

TRILHO AMBIENTAL. **Entenda as diferenças entre lixão, aterro controlado e aterro sanitário**. 2019. Disponível em: <https://www.trilhoambiental.org>. Acesso em: 28 nov. 2025.

VAINER, C. B. (Org.). **Grandes projetos urbanos: o que você precisa saber**. Rio de Janeiro: Editora UFRJ, 2017.

YE, X. et al. Review of remediation technologies for contaminated sites. **Journal of Environmental Management**, v. 246, p. 199–213, 2019.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.