



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

HÉVILA ANTONIA SOUSA SILVA

**ANÁLISE PRELIMINAR DOS IMPACTOS AMBIENTAIS ORIUNDOS DA
OCUPAÇÃO ILEGAL DO LIXÃO DESATIVADO DE PALMAS - TO**

**PALMAS - TO
2025**

HÉVILA ANTONIA SOUSA SILVA

**ANÁLISE PRELIMINAR DOS IMPACTOS AMBIENTAIS ORIUNDOS DA
OCUPAÇÃO ILEGAL DO LIXÃO DESATIVADO DE PALMAS - TO**

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

Orientador: Dr. Flávio da Silva Ornelas

PALMAS
2025

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

S586a Silva, Hévila Antonia Sousa
ANÁLISE PRELIMINAR DOS IMPACTOS AMBIENTAIS
ORIUNDOS DA OCUPAÇÃO ILEGAL DO LIXÃO DESATIVADO DE
PALMAS - TO / Hévila Antonia Sousa Silva. – Palmas, TO, 2025.
54 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

1. Contaminação ambiental. 2. Caracterização do solo. 3. Uso
irregular do solo. I. Ornelas, Flávio da Silva. II. 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).**

HÉVILA ANTONIA SOUSA SILVA

**ANÁLISE PRELIMINAR DOS IMPACTOS AMBIENTAIS ORIUNDOS DA
OCUPAÇÃO ILEGAL DO LIXÃO DESATIVADO DE PALMAS - TO**

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

Aprovado em: 11/07/2025

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente :
 FLAVIO DA SILVA ORNELAS
Data: 07/08/2025 16:41:06-0300
Verifique em <https://validar.ifti.gov.br>

Dr. Flávio da Silva Ornelas
Orientador
IFTO - Campus Palmas

Documento assinado digitalmente :
 MARCELO MENDES PEDROZA
Data: 09/08/2025 10:26:40-0300
Verifique em <https://validar.ifti.gov.br>

Dr. Marcelo Mendes Pedroza
IFTO - Campus Palmas

Documento assinado digitalmente :
 ALINE MARIA COSTANTIN
Data: 08/08/2025 18:29:31-0300
Verifique em <https://validar.ifti.gov.br>

Dra. Aline Maria Costantin
IFTO - Campus Palmas

Dedico este trabalho àqueles que foram
minha força, mesmo sem saber, nos
momentos em que mais precisei.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ser meu lar em todos os momentos. Por me amparar nos dias bons e, principalmente, nos difíceis. Em tudo que sou e em tudo que conquisto, dou graças a Ele. Obrigada, meu Deus, por me sustentar até aqui. Tudo é no Teu tempo, e Ele é sempre perfeito.

À minha família, minha mãe Rosilene, meu pai Roberval e meu irmão Pedro Lucas, por todo amor, cuidado e apoio ao longo de toda a minha formação. Obrigada por acreditarem em mim, por estarem sempre ao meu lado e por fazerem parte de cada passo até aqui. Sou profundamente grata por tudo que representam na minha vida.

Aos meus amigos, que são parte essencial da minha vida e que, de formas diferentes, caminharam comigo até aqui. Aos da faculdade, que dividiram os mesmos desafios, incertezas e noites mal dormidas, e que tornaram a jornada mais leve, foi um privilégio ter vivido isso com vocês. E aos demais, que vieram de diferentes fases da vida e permaneceram, cada um à sua maneira, foi abrigo e força. E contribuiu para que esse trabalho se concretizasse, oferecendo apoio, incentivo e presença nos momentos mais importantes. A todos, o meu carinho mais sincero e a minha gratidão eterna.

Ao meu orientador, Dr. Flávio da Silva Ornelas, por tanto conhecimento agregado, por tanta paciência, por ter acreditado no meu potencial e por sempre estar disposto a me ajudar.

Ao Me. Cleber Decarli, por ter me apresentado à geotecnia de forma apaixonante e por apresentar a realidade vivida pelos moradores da área do antigo lixão desativado. Sua influência foi decisiva na escolha do tema e na forma como enxerguei esse trabalho.

Ao IFTO, pelo suporte e estrutura que possibilitaram a realização deste trabalho. Agradeço especialmente ao técnico do laboratório de solos, sempre tão solícito, e à professora Ma. Karine Beraldo, pela valiosa orientação nas análises de água.

À Técnica Engenharia, onde tive a oportunidade de estagiar e aprender muito. Agradeço pela confiança, pelas experiências que contribuíram para a minha formação e pelo apoio essencial na realização de um dos ensaios que embasaram este trabalho. E, por fim, a todos que contribuíram de alguma forma para que esta pesquisa fosse possível, meu mais sincero, muito obrigada.

“Direito à moradia não é ter quatro paredes
e um teto em cima da cabeça”

Raquel Rolnik

RESUMO

A ocupação irregular da área do antigo lixão desativado de Palmas – TO motivou a realização de um estudo técnico com foco nos impactos ambientais e nas condições geotécnicas do local. A investigação foi conduzida por meio de coleta de amostras de solo e água, além de uma sondagem SPT executada in loco. Os ensaios de caracterização revelaram um solo superficial predominantemente arenoso, de elevada permeabilidade e baixa coesão, inadequado para cobertura de áreas de disposição de resíduos. A sondagem identificou camadas com baixa resistência, presença de material orgânico em decomposição e indicativos de geração de gases, além de nível freático superficial, reforçando a vulnerabilidade do terreno a contaminações. As análises das amostras de água, provenientes do Ribeirão Água Fria e de um poço próximo à área de estudo, indicaram alterações nos parâmetros físico-químicos e microbiológicos, com destaque para turbidez elevada, presença de coliformes e concentração de ferro acima do limite permitido para potabilidade. Embora nem todos os indicadores ultrapassem os padrões legais, os resultados apontam para um cenário de risco ambiental e instabilidade geotécnica, agravado pela ausência de infraestrutura adequada e pela proximidade com recursos hídricos.

O estudo evidencia a necessidade de monitoramento contínuo, adoção de medidas de remediação e fortalecimento da gestão ambiental. Também se recomenda que estudos futuros explorem a viabilidade de novos usos para a área, considerando alternativas ambientalmente seguras, como reflorestamento ou áreas de proteção permanente.

Palavras-chave: Contaminação ambiental; Caracterização do solo; Uso irregular do solo.

ABSTRACT

The irregular occupation of the area of the deactivated landfill in Palmas – TO motivated the development of a technical study focused on the environmental impacts and geotechnical conditions of the site. The investigation was conducted through the collection of soil and water samples, in addition to an in situ Standard Penetration Test (SPT). The characterization tests revealed a predominantly sandy superficial soil, with high permeability and low cohesion, making it unsuitable for covering waste disposal areas. The SPT indicated layers with low resistance, presence of decomposing organic material, signs of gas generation, and a shallow water table, highlighting the site's vulnerability to contamination. The analysis of water samples from the Ribeirão Água Fria stream and a nearby well revealed alterations in physical, chemical, and microbiological parameters, including high turbidity, presence of coliforms, and iron concentrations above the potable water limits. Although not all parameters exceed legal thresholds, the results indicate a scenario of environmental risk and geotechnical instability, worsened by the lack of proper infrastructure and proximity to water resources.

This study underscores the need for continuous monitoring, implementation of remediation measures, and reinforcement of environmental management. Future studies should also assess the feasibility of alternative land uses, considering environmentally safe options such as reforestation or permanent preservation areas.

Keywords: Deactivated landfill; Environmental contamination; Soil characterization; Standard Penetration Test (SPT); Irregular land use.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01	– Disposição final de RSU por região em 2023	16
Figura 02	– Comparativo esquemático entre aterro controlado e sanitário	17
Figura 03	– Equipamento utilizado para execução de sondagem à percussão	20
Figura 04	– Croqui do lixão desativado de Palmas - TO	23
Figura 05	– Localização do antigo lixão da região norte de Palmas - TO	24
Figura 06	– Registro das condições de moradia em área de risco ambiental	25
Figura 07	– Localização dos pontos de coleta das amostras de água	26
Figura 08	– Amostras de água superficiais e subterrâneas do entorno	27
Figura 09	– Jogo de peneiras utilizado para granulometria	28
Figura 10	– Picnômetros utilizados para ensaio densidade real do solo	29
Figura 11	– Realização dos ensaios da análise de águas coletadas	31
Figura 12	– Realização da análise de coliformes totais e termotolerantes	33
Figura 13	– Ensaio de sondagem à percussão	34
Figura 14	– Amostras representativas obtidas por sondagem SPT	35
Figura 15	– Curva granulométrica da amostra de solo superficial	36
Figura 16	– Resultado de coliformes totais da amostra do poço	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Distribuição granulométrica dos solos por faixa de diâmetro.....	20
Tabela 02 – Métodos analíticos aplicados na caracterização físico-química de águas.....	30
Tabela 03 – Resultados das análises físico-químicas das amostras de água do Ribeirão Água Fria e do poço.....	39
Tabela 04 – Parâmetros de sólidos (mg/L) obtidos nas amostras de água superficial e subterrânea.....	41

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
IFTO	Instituto Federal do Tocantins
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística)
MPN	Número Mais Provável (Most Probable Number)
MPTO	Ministério Público do Tocantins
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
RSU	Resíduos Sólidos Urbanas
SPT	Standard Penetration Test
NSPT	Índice de resistência à penetração
UTM	Universal Transverse Mercator (Sistema de Coordenadas)
GM/MS	Gabinete do Ministro do Ministério da Saúde

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Problema de pesquisa	13
1.2	Justificativa	13
1.3	Objetivos	13
1.3.1	Objetivo geral	14
1.3.2	Objetivos específicos	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1	Gestão de resíduos sólidos no Brasil	15
2.2	Tipos de disposição final de resíduos	16
2.3	Riscos da ocupação de áreas de descartes	18
2.4	Fundamentos técnicos da análise ambiental e geotécnica	19
3	METODOLOGIA	22
3.1	Área de estudo	22
3.2	Descrição das amostras	25
3.2.1	Coleta da amostra de solo	25
3.2.2	Coleta das amostras de água superficial e subterrânea	26
3.3	Ensaio laboratoriais	27
3.3.1	Caracterização da amostra de solo	27
3.3.2	Análise da qualidade das amostras de água	29
3.4	Ensaio <i>in situ</i>	33
4	RESULTADOS	36
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	43
5.1	Sugestões para trabalhos futuros	44
	REFERÊNCIAS	45
	ANEXOS	49

1 INTRODUÇÃO

O crescimento urbano acelerado, em conjunto com o avanço do capitalismo e das inovações tecnológicas, contribui significativamente para o aumento da produção de resíduos sólidos urbanos (LOURENÇO, 2019).

Neste contexto, destaca-se o caso de Palmas, fundada em 1989, uma cidade jovem marcada por sua notável expansão populacional, evidenciada pelo censo de 2022 do IBGE, com um crescimento de 32,57% em sua população, em relação ao ano de 2010. Este cenário gerou conflitos urbanos e sociais, uma vez que em seus primeiros anos não possuía estrutura adequada para a disposição final dos resíduos sólidos urbanos.

Mello (2024) aponta que, nas duas primeiras décadas após a fundação da cidade de Palmas, dois lixões a céu aberto foram utilizados devido à ausência do planejamento urbanístico. O primeiro, localizado na parte central da cidade, foi desativado como consequência da oficialização do aeroporto. O segundo, situado no setor atualmente conhecido como Água Fria, no Plano Diretor Norte, foi desativado em 2001, em virtude do enchimento do reservatório da Usina Hidrelétrica Luís Eduardo Magalhães. Posteriormente, foi criado o aterro sanitário na zona rural do assentamento São João, responsável pela destinação final adequada dos resíduos.

A desativação do lixão da região norte resultou na ocupação gradual e irregular da área ao longo dos anos, em razão de fatores como a desigualdade social e a rápida urbanização, originando um ambiente inseguro para a população e o meio ambiente.

A área em questão pertence ao Estado do Tocantins, que está judicialmente buscando a reintegração da sua posse. Em abril de 2022, o Ministério Público do Tocantins (MPTO), reuniu-se com alguns órgãos governamentais para discutir a situação e manifestou interesse em investigar os possíveis riscos da região, em parceria com o IFTO. Todavia, não houve continuidade neste projeto, permanecendo uma lacuna no conhecimento sobre a problemática da área.

Atualmente o lixão desativado de Palmas continua sendo ocupado ilegalmente, favorecendo a perpetuação dos danos ambientais, oferecendo riscos à saúde e à segurança dos habitantes dessa área. O foco deste trabalho é identificar quais os possíveis impactos ambientais aos quais a população e o meio ambiente estão expostos, por meio da caracterização do solo e da análise preliminar da qualidade das

águas subterrâneas e superficiais. A pesquisa visa fornecer dados que sirvam de base para adoção de medidas a fim de garantir o bem-estar da população, bem como a retirada dos residentes da área.

1.1 Problema de pesquisa

A ocupação ilegal do antigo lixão de Palmas representa riscos à saúde pública e ao meio ambiente, uma vez que as práticas indevidas dos residentes no local, como o cultivo de alimentos e a injeção de água no aterro, podem acarretar sérios problemas.

Além disso, ao firmarem moradia neste local impróprio, submetem-se a condições precárias de moradia, uma vez que não há saneamento básico ofertado a eles. Expõem-se ainda a perigos sérios, como a instabilidade do solo agravada por gases confinados, provenientes da decomposição dos resíduos sólidos.

Esse cenário prolonga-se sem solução, e a falta de estudos nesta área contribui para a continuidade da invisibilidade do problema. A ausência de informações técnicas impede a compreensão dos reais riscos provocados por essa ocupação irregular.

1.2 Justificativa

A escolha deste tema de pesquisa se fundamenta na urgência de compreender e abordar os potenciais danos ambientais e riscos que os moradores da área estão expostos no antigo lixão de Palmas - TO. Essa ocupação irregular, coloca em risco a saúde da população e o meio ambiente. E apesar da importância desse problema, há uma falta de estudos que abordam os riscos geotécnicos e da contaminação das águas subterrâneas e superficiais do entorno, ocasionando ausência de estratégias de remediação e controle.

Este trabalho busca preencher essa lacuna de conhecimento, oferecendo uma análise dos possíveis danos ambientais decorrentes dessa ocupação, com ênfase na caracterização do solo e contaminação das águas. Ao fornecer dados relevantes sobre a situação, a pesquisa visa apoiar ações de fiscalização, políticas públicas voltadas à recuperação da área e à desocupação, além de contribuir para a melhoria das condições de vida da população afetada.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

- Analisar preliminarmente os impactos ambientais oriundos da ocupação ilegal do lixão desativado de Palmas – TO.

1.3.2 Objetivos específicos

- Realizar uma caracterização geotécnica da região afetada pelas ocupações ilegais;
- Avaliar qualidade das águas subterrâneas e as superficiais do entorno, identificando indícios de contaminação decorrentes das atividades ilegais;
- Levantar indícios preliminares de possíveis impactos ambientais associados à ocupação da área.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

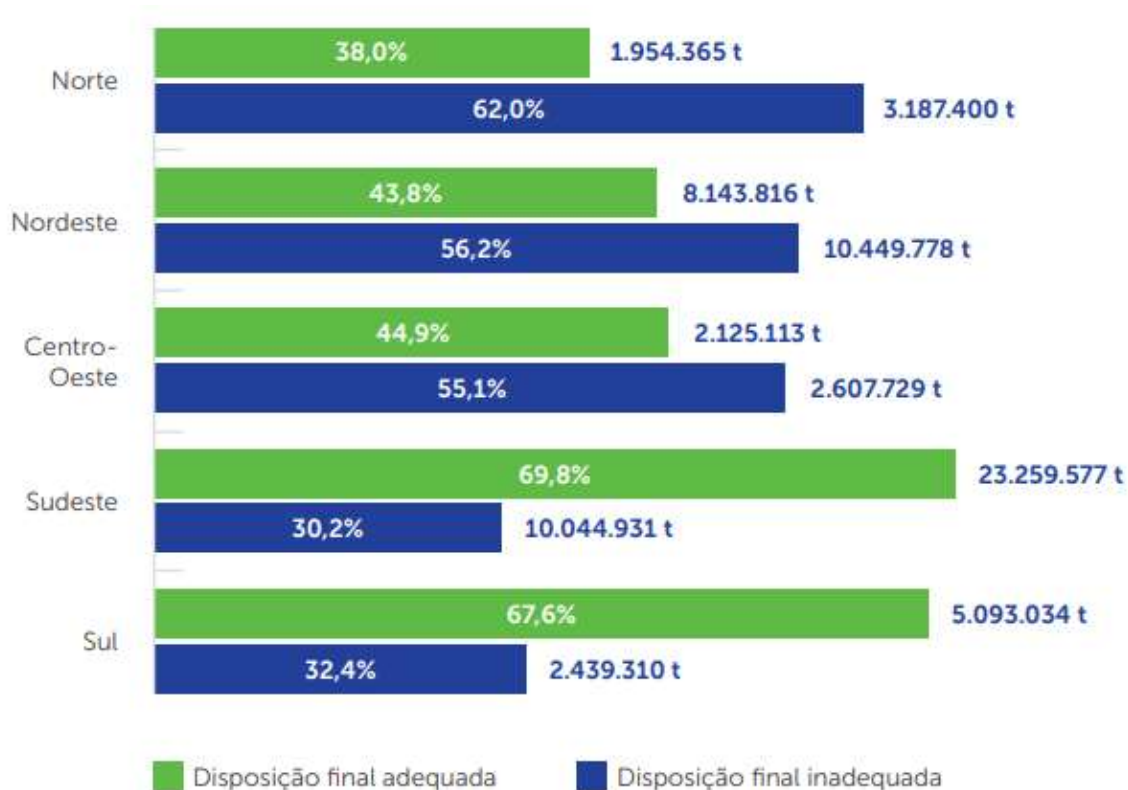
2.1 Gestão de resíduos sólidos no Brasil

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, estabelece diretrizes e definições referentes aos resíduos sólidos urbanos (RSU) e sua disposição final adequada, auxiliando na gestão dos resíduos e na redução dos impactos ambientais a eles associados. A legislação define como resíduo sólido:

Material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível. (BRASIL,2010)

Mesmo com a implementação da legislação, segundo dados fornecidos pela Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente (ABREMA, 2024), em 2023, estima-se que cada brasileiro gerou, em média, 382 kg por ano de resíduos sólidos urbanos, totalizando aproximadamente 81 milhões de toneladas. Em comparação com o ano de 2022, notou-se um aumento discreto de menos de 1% na geração de RSU, tendo como um dos motivos o aumento do poder de compra da população.

A ABREMA (2024) também apontou, em seu Panorama de Resíduos Sólidos de 2024, que 41% dos RSU ainda recebem a destinação final inadequada. A Figura 01 permite visualizar como está o processo da disposição final de RSU por região, de modo que a região norte é a que mais tem disposição inadequada. Evidenciando que, embora a PNRS esteja em vigor há mais de uma década, ainda não cumpre plenamente as diretrizes previstas.

Figura 01 - Disposição final de RSU por região em 2023

Fonte: ABREMA (2024)

Além disso, encerrou-se em 2024 o prazo para encerramento dos lixões no país, definido pela Lei nº 14.026/2020 (BRASIL, 2020). No entanto, dados fornecidos pela ABREMA (2024) indicam que ainda em agosto de 2024, existiam aproximadamente 3 mil lixões a céu aberto no Brasil, demonstrando o descumprimento da legislação.

O cenário ainda é preocupante, revelando como a ausência de infraestrutura adequada e de fiscalização efetiva pode resultar em diversos impactos negativos para o meio ambiente e para a saúde pública, além de favorecer a ocupação ilegal dessas áreas, mesmo depois de desativadas.

2.2 Tipos de disposição final de resíduos

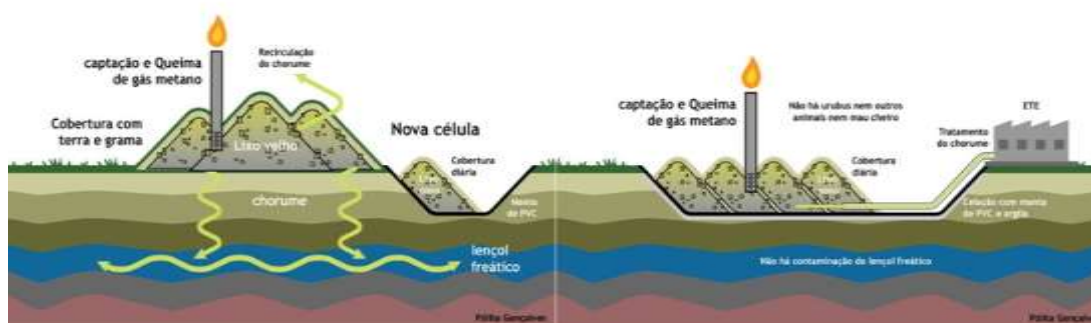
A disposição final dos resíduos sólidos é imprescindível para uma gestão ambiental eficaz. A PNRS define como disposição final ambiental adequada a distribuição de rejeitos em aterro, conforme normas operacionais específicas que previnam danos ambientais e riscos à segurança pública. Assim, o cumprimento da legislação é fundamental para garantir uma boa gestão urbana, prevenindo problemas que advêm da disposição inadequada.

O lixão, embora seja uma forma inadequada e proibida pela PNRS, ainda é amplamente utilizado no Brasil. Trata-se do despejo dos resíduos sólidos diretamente sobre o solo, ficando a céu aberto ou em vazadouros, sem qualquer tipo de tratamento ou cobertura, representando um risco ao meio ambiente e à saúde pública (IPT 1995). Conforme constatado por De Sousa, Ferreira e Guimarães (2019), os lixões a céu aberto provocam graves consequências, colocando em risco corpos hídricos, fauna, flora e a população.

A NBR 8849/1985 apresenta os aterros controlados como alternativa de disposição final de resíduos, que busca minimizar os riscos ao meio ambiente e à saúde pública. Nesse modelo, os resíduos são confinados e cobertos com uma camada inerte. Contudo, como apontado por Duarte (2024), nesse tipo de técnica há ausência de tratamento adequado do solo, que pode promover a contaminação do solo e do lençol freático, comprometendo, assim, sua viabilidade a longo prazo.

Os aterros sanitários são amplamente reconhecidos como a forma mais segura para essa etapa final de alocação dos resíduos. A NBR 8419/1992 define como aterro sanitário, o sistema de disposição projetado para organizar os resíduos sólidos de forma compacta, ocupando o menor espaço possível e reduzindo seu volume. A cada dia de trabalho, ou sempre que necessário, ele é coberto com uma camada de terra, cooperando no controle dos resíduos. Entre as principais diferenças, ilustradas na Figura 02, entre o aterro sanitário e o aterro controlado estão a impermeabilização do solo, o tratamento do chorume e a dispersão dos gases gerados.

Figura 02 - Comparativo esquemático entre aterro controlado e sanitário



Fonte: GONÇALVES (s.d)

É notável que existem diferenças entre os três tipos de técnicas de disposição final citadas, mas todas convergem na inadequação para o estabelecimento de moradias. Mesmo que a área esteja inativa, ainda há riscos à saúde e à segurança,

seja por contaminação, instabilidade do solo ou presença de gases nocivos. Ainda assim, há casos registrados no Brasil de ocupação dessas áreas, sendo necessário maior atenção e monitoramento dessas regiões.

2.3 Riscos da ocupação de áreas de descarte

Classificam-se como áreas de descartes os locais destinados ao depósito de resíduos sólidos, como os lixões, aterros controlados e sanitários. Essas áreas são projetadas exclusivamente para RSU, de modo que mesmo quando desativadas, continuam a oferecer riscos, tornando inviável a implantação de qualquer tipo de edificação.

A presença de chorume e de gases nocivos é um dos principais riscos aos quais os ocupantes dessas áreas estão expostos. Fernando Jucá (*apud* LIMA, 2001) define como chorume o líquido produzido pela decomposição da matéria orgânica presente nos resíduos sólidos, caracterizado por seu mau cheiro e pelo elevado potencial de contaminação. Nesse contexto, Ribeiro (2024) pontua que a decomposição dos resíduos pode provocar recalques no corpo do aterro, comprometendo sua estabilidade.

O processo de decomposição da matéria orgânica gera gás metano, que, se não for queimado, pode ser mais prejudicial do que o gás carbônico para o efeito estufa, impulsionando o aquecimento global e trazendo malefícios à saúde (CEMPRE, 2018). Por isso, Philippi Júnior (2005) ressalta que as instalações de disposição final devem contar com drenos para o escoamento dos gases gerados e posteriormente realizar o tratamento adequado. Porém, a presença de atividades humanas nessas áreas resulta no soterramento ou na danificação desses drenos, agravando os riscos associados.

Há registros de ocupação em diversas regiões irregulares, o que demonstra a gravidade dessa situação. A presença de moradias em lixão desativado é mais recorrente do que se imagina. Um exemplo disso é a pesquisa de Lorence (2016, *apud* SANTANA 2022), que ao realizar um estudo de caso na região do Arroio Dourado, em Foz do Iguaçu - PR, constatou uma significativa concentração de gás metano no subsolo, capaz de causar explosões devido à inflamabilidade. Assim como também, a contaminação das águas subterrâneas provocada pelo chorume presente na área.

Craig (2007) expõe que a percolação de água no interior de taludes pode afetar a estabilidade, ocasionando perda das características originais além de oferecer riscos como o rompimento da estrutura e o carreamento de partículas. Koide e Bernardes (1998), por sua vez, ressaltam como a percolação de água no aterro sanitário é um fator preocupante, especialmente em relação à contaminação do lençol freático. A ocupação humana em áreas como essas, caracteriza-se como um agravante pois pode intensificar a degradação do solo e aumentar os riscos ambientais.

2.4 Fundamentos técnicos da análise ambiental e geotécnica

A ocupação ilegal de área destinada ao descarte de resíduos sólidos configura um uso indevido, uma vez que esses locais foram projetados exclusivamente para essa finalidade. Diante desse cenário, estudos técnicos são essenciais para a compreensão da gravidade da situação, como a caracterização do solo e análise da qualidade das águas subterrâneas e superficiais do entorno.

A caracterização física do solo possibilita identificar suas propriedades físicas e, com isso, prever o comportamento do solo, diante da ação humana ou da natureza (DAIBERT, 2014). Essa análise é realizada através de dados obtidos em ensaios laboratoriais como granulometria e densidade real do solo.

O ensaio de granulometria, conforme a NBR 7181/2016, analisa as massas retidas no peneiramento para as frações mais grossas e o comportamento da amostra em relação à sedimentação para as frações mais finas. Por meio desse ensaio, é possível classificar o tipo de solo analisado em argila, silte, areia ou pedregulho, conforme exposto por Daibert (2014) e evidenciado na Tabela 01. Na engenharia civil há recomendações específicas quanto ao tipo de solo adequado para cada tipo de obra, Leme (2013, *apud* JUNIOR, Alex Air Santiago *et al* 2020) aponta, por exemplo, que em aterros sanitários a argila é o tipo mais recomendado para impermeabilização da base devido à sua baixa permeabilidade.

Tabela 01 - Distribuição granulométrica dos solos por faixa de diâmetro

Classificação	Diâmetro dos Grãos
Argila	Menor que 0,002 mm
Silte	Entre 0,06 e 0,002 mm
Areia	Entre 2,0 e 0,06 mm
Pedregulho/Seixo	Maior que 2,0 mm

Fonte: Adaptado de (DAIBERT, 2014)

A sondagem SPT (*Standard Penetration Test*) é um ensaio utilizado para caracterização do solo e deve estar em conformidade com a NBR 6484/2020. O equipamento utilizado está ilustrado na Figura 03. Em decorrência dele, obtêm-se dados como a classificação dos tipos de solo em diferentes profundidades, a posição do nível d'água e o índice de resistência à penetração a cada metro. Fucale e Jucá (2002) em seus estudos abordaram sobre como a sondagem a percussão é um método prático e econômico para o monitoramento do comportamento a resistência de aterros controlados, configurando-se uma alternativa viável para monitorar áreas sujeitas a impactos ambientais.

Figura 03 - Equipamento utilizado para execução de sondagem à percussão

Fonte: Adaptado de SCHNAID (2012)

As áreas de disposição final, como o lixão e o aterro controlado, não executam impermeabilização da base antes de receber os depósitos de resíduos sólidos, expondo o lençol freático a riscos de contaminação (LIMA, 2020). No contexto da habitação irregular nessas áreas, é fundamental o monitoramento constante das águas superficiais e subterrâneas do entorno dessa área para compreensão e análise dos riscos ambientais a que podem estar sujeitas.

A Resolução CONAMA nº 396/2008 define as águas subterrâneas como aquelas que ocorrem de forma natural ou artificial no subsolo. Já a Resolução CONAMA nº 357/2005 estabelece a classificação dos corpos d' água superficiais em águas doces (rios e lagos), salobras (estuários ou lagos) e salinas (mar) e define padrões de qualidade das águas. Essas normativas são essenciais para orientação e avaliação da qualidade das águas em áreas de vulnerabilidade.

A investigação da contaminação das águas em áreas de disposição final ocupadas indevidamente pode ser realizada por meio da análise da qualidade das águas subterrâneas e superficiais do entorno, com coleta de amostras e ensaios laboratoriais. Os principais parâmetros físico-químicos que são analisados são o pH, condutividade elétrica (CE), turbidez, nitrato (NO_3^-), ferro (Fe) e amônia (NH_3).

Além disso, avalia-se a presença de coliformes totais e termotolerantes, uma vez que, segundo SILVA *et al.* (2019) a detecção de termotolerantes pode indicar a presença de microrganismos patogênicos, representando riscos à saúde da população. Dessa forma, os dados obtidos ajudam a compreender os riscos ambientais aos quais os moradores de áreas com presença de resíduos sólidos estão expostos.

3 METODOLOGIA

Este estudo caracteriza-se como uma pesquisa aplicada, por visar à produção de conhecimentos com aplicações práticas voltadas à resolução de problemas concretos e de interesse local, conforme definido por Neves e Domingues (2007). A abordagem adotada é quantitativa, uma vez que se busca quantificar os fenômenos relacionados ao objeto de estudo, através da estatística. O método técnico utilizado é o estudo de caso, por permitir a análise de uma situação específica, investigando suas causas e implicações de modo amplo e detalhado (Menezes 2019).

Para compor o levantamento preliminar sobre a ocupação da área e os conflitos legais, foram consultadas fontes secundárias, como reportagens de veículos de informação, dados jornalísticos e documentos públicos disponíveis em sites institucionais. Essas fontes forneceram subsídios sobre o número estimado de habitações no local, a existência de ações judiciais e o histórico da área.

A pesquisa de campo foi essencial para a compreensão das características da área de estudo. Realizaram-se visitas *in loco* para reconhecimento do local, a fim de observar as condições em que a área se encontra, registrar evidências visuais e levantar informações através de conversas informais com os moradores da região. A partir dessas observações, traçou-se um plano para a coleta das amostras, obtidas diretamente do ambiente onde ocorrem as possíveis contaminações, as quais foram posteriormente submetidas a ensaios laboratoriais, além da definição do ponto para o ensaio *in situ*.

3.1 Área de estudo

A área de estudo adotada foi o lixão desativado de Palmas - TO, localizado no setor Água Fria. Essa escolha justifica-se pela ocupação irregular atualmente existente, que expõe os residentes a diversos riscos, uma vez que o local era destinado à disposição final inadequada de resíduos sólidos. Conforme levantamento no Google Earth, a área localiza-se aproximadamente na latitude 10°8'55.96"S e longitude de 48°21' 8.10"O, conforme exibido na Figura 04.

Figura 04 - Croqui do lixão desativado de Palmas - TO



Fonte: Adaptado do Google Earth (2025)

Durante a pesquisa de campo, observou-se uma grande quantidade de residências habitadas por moradores de diferentes faixas etárias, com ocupações irregulares no aterro e nas proximidades do lixão desativado. Foram identificadas perfurações para valas de infiltração, fossas sépticas possivelmente não impermeabilizadas e lançamentos de águas residuárias diretamente no solo.

Durante as visitas *in loco*, foi constatado que parte dessas águas residuárias escoam visivelmente pelo corpo do aterro, o que intensifica os riscos de infiltração e contaminação. Diante da proximidade do lixão desativado com o Rio Tocantins, como evidenciado na figura 05, e da presença do córrego Ribeirão Água Fria no entorno,

esse cenário torna-se preocupante, considerando a possibilidade de contaminação do lençol freático, e consequentemente, dos corpos hídricos da região.

Figura 05 - Localização do antigo lixão da região norte de Palmas - TO



Fonte: Adaptado do Google Earth (2025)

A pesquisa de campo permitiu observar que, em uma das valas de infiltração, a camada de cobertura apresentava aproximadamente 0,87 m de profundidade; entretanto, na parte central do aterro, essa espessura reduz para cerca de 0,30 m. Verifica-se, na Figura 06 (c), que a presença de incêndios provenientes da queima de resíduos locais, configura outro fator de risco, uma vez que bolsas de gases acumulados do lixão desativado podem explodir e causar danos significativos aos ocupantes da área. Ressalta-se, ainda, que não foi identificado sistema de drenagem para o escoamento dos gases dos resíduos aterrados.

Além disso, detectou-se na área um campo de futebol sem sistema de drenagem, presença de árvores, criação de animais (como galinhas e outros

domésticos), e plantações de legumes, verduras e tubérculos, como a mandioca. Todas essas atividades, estão inseridas em zonas de infiltração e contaminação, conforme é possível observar na Figura 06.

Figura 06 - Registro das condições de moradia em área de risco ambiental



Nota: (a) Criações de animais no aterro; (b) Plantações de bananeiras no local; (c) Incineração de resíduos sólidos no lixão desativado

Fonte: AUTORA (2025)

Diante das observações realizadas, constata-se que a área apresenta condições críticas de ocupação e uso do solo, com a realização de atividades potencialmente poluidoras em uma estrutura inadequada para moradia. A ausência de saneamento básico, identificada durante as visitas, reforça a importância de estudos técnicos voltados à avaliação dos riscos à saúde pública e ao meio ambiente.

3.2 Descrição das amostras

3.2.1 Coleta da amostra de solo

A amostra de solo analisada foi coletada em agosto de 2023, com auxílio de uma cavadeira articulada, a uma profundidade aproximada de 30 cm. Ressalta-se que a coleta foi limitada a essa cota, devido à presença de resíduos sólidos identificados nesse nível. Assim, a amostra corresponde apenas parcialmente à camada de cobertura do aterro, considerando que, conforme exposto pelo Ministério das Cidades (2008), geralmente, essa camada é composta por 0,60 m de solo argiloso compactado e uma cobertura de 0,20 m de solo vegetal.

Devido ao grau de compactação do solo e à retirada manual, foi necessário umedecer o local a fim de facilitar o processo de amostragem. Foram coletados cerca de 5 kg de solo deformado e acondicionados em um saco plástico resistente, devidamente lacrado e identificado. A amostra foi destinada à realização de ensaios de caracterização física.

3.2.1 Coleta das amostras de água superficial e subterrânea

As amostras de água analisadas foram coletadas em junho de 2024, durante o período seco e ameno. O procedimento da amostragem seguiu as diretrizes da Resolução ANA nº 207/2024, visando preservar as características físico-químicas e microbiológicas da água, bem como garantir a segurança dos envolvidos na coleta.

Foram coletadas duas amostras distintas: uma do Ribeirão Água Fria, corpo hídrico mais próximo da área estudada, e outra de um poço utilizado para irrigação, em uma chácara, localizada a 500 m aproximadamente do lixão desativado. A localização dos pontos de coleta pode ser visualizada na Figura 07.

Figura 07 - Localização dos pontos de coleta das amostras de água



Fonte: Adaptado do Google Earth (2025)

Para as análises físico-químicas, conforme é possível visualizar na Figura 08, foram coletados cerca de 5 litros de água por ponto amostrado. Para análise de microbiologia, o volume de 100mL por amostra.

Figura 08 - Amostras de água superficiais e subterrâneas do entorno



Fonte: AUTORA (2025)

Após a coleta, os recipientes foram acondicionados em caixa térmica e transportados para o Laboratório de Tratamento de Águas do IFTO – Campus Palmas, para realização das análises físico-químicas e microbiológicas.

3.3 Ensaios Laboratoriais

3.3.1 Caracterização da amostra de solo

A análise das características físicas do solo, foi realizada através dos resultados obtidos de ensaios laboratoriais, conduzidos no Laboratório de Solos do IFTO e seguindo as Normas Regulamentadoras da Associação Brasileira de Normas Técnicas. De modo que o preparo da amostra seguiu o estabelecido pela NBR 6457/1986.

O ensaio de granulometria foi realizado conforme estabelecido pela NBR 7181/2016, utilizando as peneiras indicadas no peneiramento grosso e fino, como mostrado na Figura 04, e utilizando o agitador mecânico, sendo utilizado 1 kg de material para esse ensaio. Os dados obtidos foram analisados com auxílio do software

da Microsoft, Excel (Versão 2016), para obter a curva granulométrica e fazer a caracterização do material analisado.

Figura 09 - Jogo de peneiras utilizado para granulometria



Fonte: AUTORA (2025)

A densidade real do solo foi obtida através do ensaio utilizando o picnômetro. Embasado na DNER (Departamento Nacional de Estradas de Rodagem) – ME 093/64, este ensaio consiste na pesagem de três picnômetros seco e vazio (P1), posteriormente pesa o recipiente com a amostra de solo (P2), em seguida é colocado água destilada até encher e aquece o picnômetro por no mínimo 15 minutos para expulsar o ar existente entre as partículas de solo, feito isso é colocado em banho e anotado a temperatura, para então pesar obtendo P3 e por fim todo o material é retirado, lavado o recipiente e enchido com água destilada, fazendo a última pesagem (P4). O resultado da densidade real do solo à temperatura (t) é dado por:

$$\delta_t = \frac{(P2 - P1)}{(P4 - P1) - (P3 - P2)}$$

Onde:

δt : Densidade real do solo a 20°C;

P1: Peso do picnômetro vazio;

P2: Peso do picnômetro mais amostra, em gramas;

P3: Peso do picnômetro mais amostra mais água, em gramas;

P4: Peso do picnômetro mais água, em gramas.

Figura 10 - Picnômetros utilizados para ensaio densidade real do solo



Fonte: AUTORA (2025)

Dessa forma, os ensaios de caracterização física fornecem parâmetros para compreender o comportamento dos solos analisados e a destinação de uso mais adequado. Os resultados obtidos possibilitam uma avaliação preliminar dos riscos associados à ocupação irregular de áreas de disposição final inadequadas.

3.3.1 Análise da qualidade das amostras de água

A análise da qualidade das amostras coletadas foi realizada no Laboratório de Análise Físico-Química de Águas do IFTO - Campus Palmas, com apoio da professora Ma. Karine Beraldo. O objetivo foi identificar possíveis indícios de contaminação provenientes do antigo lixão de Palmas. Para isso, foram conduzidos ensaios físico-químico e microbiológicos, conforme apresentados na Tabela 02 com os respectivos métodos adotados.

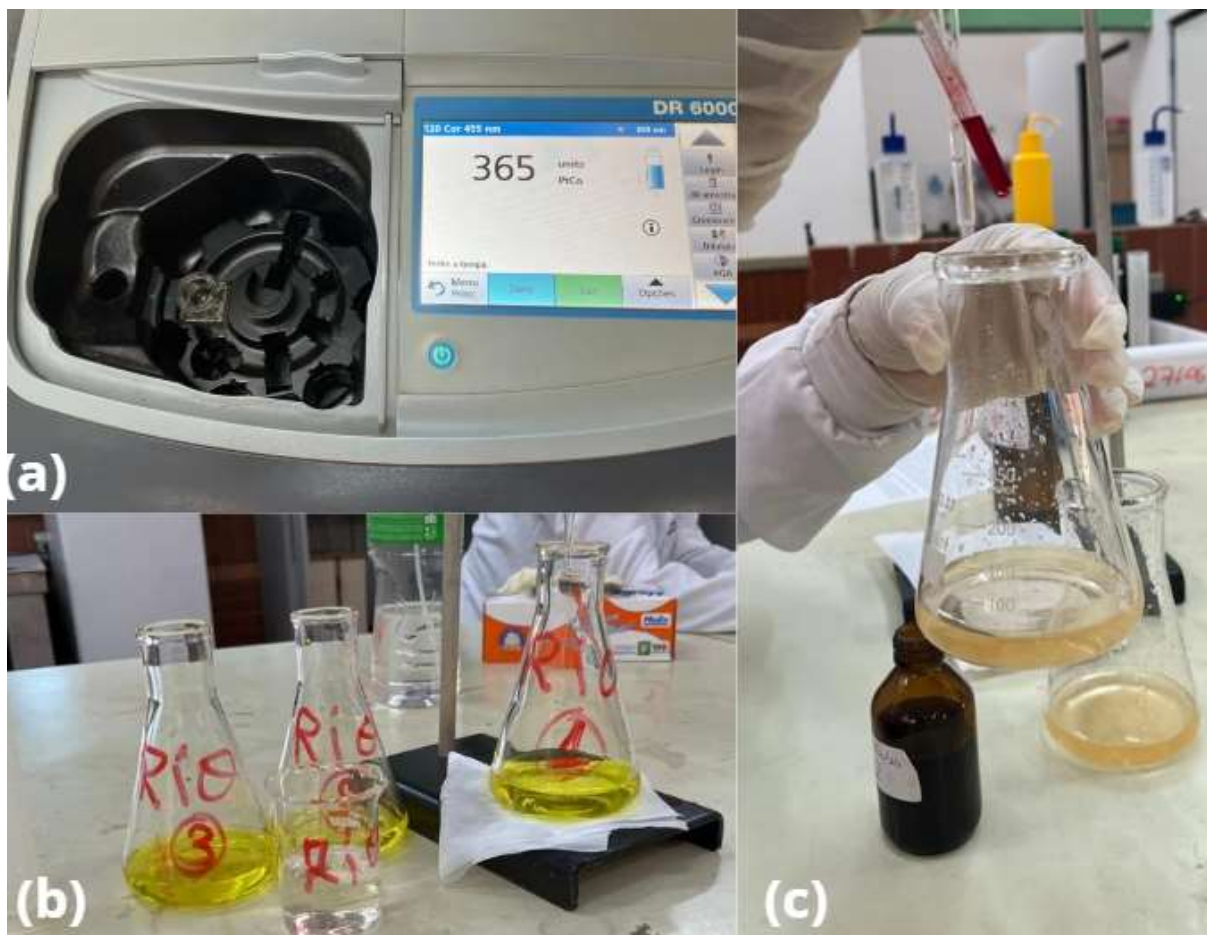
Tabela 02 - Métodos analíticos aplicados na caracterização físico-química de águas

Parâmetro analítico	Metodologia
pH	Eletrométrico
Cor	Espectrofotométrico
Condutividade	Eletrométrico
Sólidos Totais	Gravimétrico
Sólidos Fixos	Gravimétrico
Sólidos Voláteis	Gravimétrico
Alcalinidade	Volumétrico
Turbidez	Nefelométrico
Cloretos	Mohr
Ortofosfato solúvel	Espectrofotométrico
Amônia	Espectrofotométrico
Ferro	Espectrofotométrico
Nitrato	Espectrofotométrico
Coliformes Totais	Colilert
Escherichia coli	Colilert

Fonte: AUTORA (2025)

As análises foram iniciadas com indicadores físico-químicos básicos, essenciais para avaliação das condições gerais da água. Conforme estabelecido pela NBR 9251/1986, o pH foi determinado utilizando um pHmetro, parâmetro que indica o grau de acidez ou alcalinidade da amostra. A cor foi analisada pelo método espectrofotométrico DR 6000, conforme mostrado na Figura 11 (a) que mede a luz absorvida e transmitida pela água, geralmente associada à presença de matéria orgânica.

Figura 11 - Realização dos ensaios da análise de águas coletadas



Nota: (a) Determinação de cor; (b) Determinação concentração de cloretos e (c)

Análise de alcalinidade

Fonte: AUTORA (2025)

A condutividade elétrica, outro parâmetro fundamental, foi mensurada com base na NBR 14340/1999 por meio de um condutivímetro, o qual indica a presença de íons dissolvidos e pode sinalizar a presença de carga poluente. Além disso, foi avaliada a turbidez, com auxílio de um turbidímetro, com objetivo de medir a interferência de partículas em suspensão na transmissão da luz. Esses parâmetros iniciais servem como base para avaliar a qualidade da água frente aos padrões normativos estabelecidos.

Posteriormente, foram realizados ensaios voltados à análise de nutrientes e compostos inorgânicos relevantes para avaliação da qualidade da água. A determinação da alcalinidade foi conduzida conforme as normas ABNT NBR 5762/1977 e NBR 10230/1988, através da titulação volumétrica. Esse parâmetro é

obtido do somatório das diferentes alcalinidades existentes na amostra e está relacionado à capacidade da água de neutralizar ácidos, refletindo a presença de íons bicarbonato, carbonato e hidróxido.

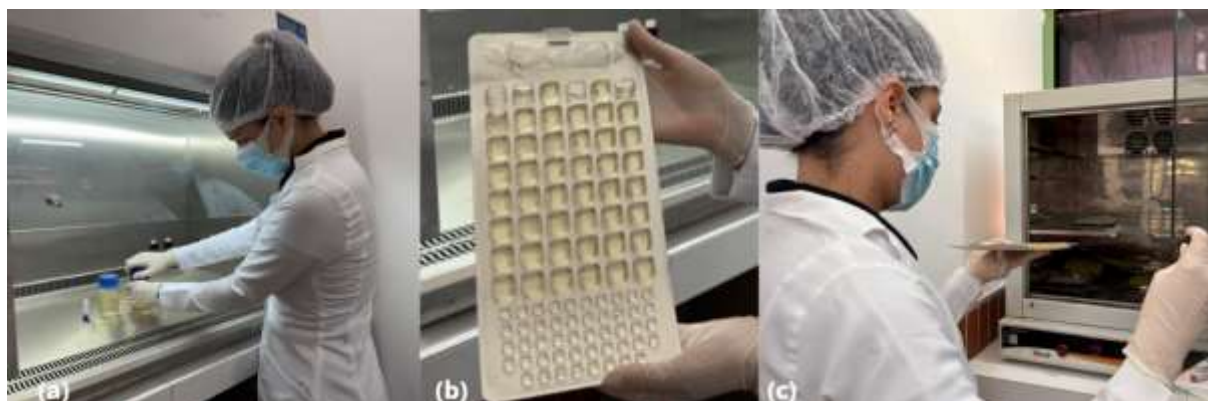
Outra análise realizada foi a determinação de cloretos, utilizando o método de Mohr, descrito no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (4500-Cl⁻ B), que é uma das principais referências para a padronização de métodos de análise da qualidade da água. A presença de cloretos pode indicar contaminação oriunda de esgotos, chorume e resíduos industriais, configurando um parâmetro relevante para este trabalho.

A identificação de metais e nutrientes nas amostras coletadas foi realizada por espectrofotometria, com a análise das concentrações de ferro, ortofosfato, amônia e nitrato. Após a adição dos reagentes específicos a cada parâmetro e respeitando o tempo de reação indicado pelo fabricante, as amostras foram inseridas no equipamento, que realizou a leitura automática da absorbância e converteu os valores em mg/L. Esses compostos estão frequentemente associados a fatores como a presença de matéria orgânica em decomposição e processos de lixiviação, sendo fundamentais para analisar possíveis indícios de contaminação.

As análises de sólidos foram realizadas conforme a NBR 10664/1989, utilizando o método gravimétrico. Para isso, as amostras foram evaporadas em banho-maria, secas em estufa e calcinadas em mufla para quantificação dos sólidos totais, fixos e voláteis (ST, SF e SV), bem como dos sólidos dissolvidos e suspensos, com suas respectivas frações fixas e voláteis (SDF, SDV, SSF e SSV). As pesagens foram feitas em balança analítica com precisão de 0,1 mg, e os resultados expressos em mg/L. Essas análises contribuem para avaliar a carga de matéria orgânica e inorgânica presente nas amostras, sendo essencial para compreender os impactos potenciais da área estudada.

A análise microbiológica foi realizada pelo método Colilert com o sistema Quantitray, um teste rápido para detecção e quantificação de coliformes totais e *Escherichia coli* (*E. coli*). A amostra de 100 mL foi misturada ao reagente Colilert sob condições assépticas em capela de fluxo laminar, como mostra na Figura 12 (a), visando evitar contaminação da amostra.

Figura 12 - Realização da análise de coliformes totais e termotolerantes



Nota: (a) Adição do reagente a amostra; (b) Amostra na cartela Quantitray e © Incubação da amostra na estufa

Fonte: AUTORA (2025)

Em seguida a mistura foi transferida para a cartela Quantitray, ilustrada na Figura 12 (b) selada com equipamento próprio, e incubada por 24 horas a 35 °C, como é possível observar na Figura 12 (c). A coloração amarela indica coliformes totais, enquanto a fluorescência azul sob luz UV indica presença de *E. coli*. Essa análise é fundamental para esse estudo, pois é uma indicadora direta de contaminação e comprova os riscos à saúde pública.

3.4 Ensaio *in situ*

Visando à caracterização geotécnica da área ocupada irregularmente, foi realizada uma sondagem à percussão do tipo SPT, conforme a NBR 6484/2020. O ensaio foi executado no mês de junho de 2025, durante o período de estiagem, no lixão desativado do setor Água Fria, em Palmas - TO. O ponto de sondagem (SP-01) localiza-se nas coordenadas geográficas UTM: N 8.876.944,00 m; E 790.148,00 m (Fuso 22S).

Figura 13 - Ensaio de sondagem à percussão



Fonte: AUTORA (2025)

A realização da sondagem foi viabilizada pela empresa Técnica Sondagem e Tecnologia Ltda., que realizou a execução do furo e forneceu o laudo técnico. A colaboração e apoio da empresa foi essencial para o desenvolvimento desta etapa da pesquisa, permitindo um maior conhecimento geotécnico acerca da área estudada.

O ensaio SPT consiste na cravação de um amostrador padrão até uma profundidade de 45 cm no solo, por meio de golpes de um martelo padronizado de 65 kg. A resistência à penetração (N) é registrada pelo número de golpes necessários para cravar os últimos 30 cm. Durante a execução da sondagem, são extraídos dados como características do solo, coloração, textura e nível do lençol freático.

As amostras foram obtidas a cada metro de profundidade, permitindo a classificação do solo e a determinação da resistência à penetração (NSPT). A Figura 14 refere-se às amostras coletadas, elas foram armazenadas em sacos plásticos com identificação do furo, profundidade e data, conforme estabelecido pela norma.

Figura 14 - Amostras representativas obtidas por sondagem SPT



Fonte: AUTORA (2025)

A sondagem atingiu profundidade total de 5,15 metros, sendo interrompida devido à impenetrabilidade do trépano de lavagem, conforme previsto no item 6.4.3.3 da NBR 6484/2020. Os dados obtidos serviram de base para a análise geotécnica da área, reforçando a avaliação dos riscos associados à ocupação irregular sobre o antigo lixão desativado da região norte da cidade.

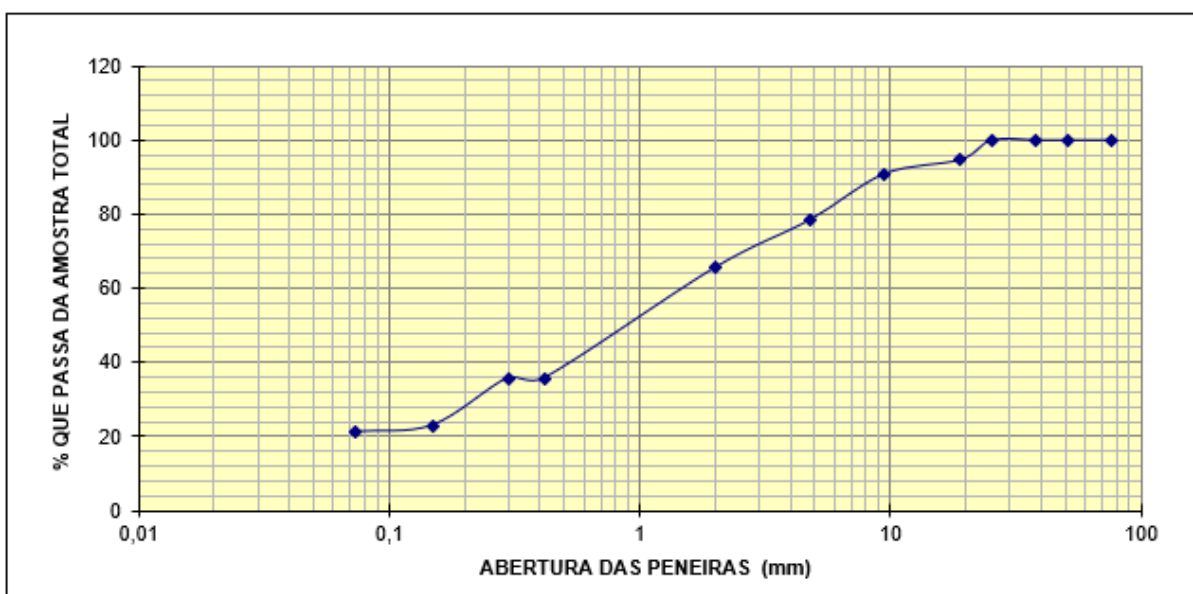
4 RESULTADOS

As investigações realizadas no lixão desativado de Palmas - TO, permitem traçar um panorama preliminar do cenário atual. Os resultados foram organizados com base nos ensaios executados em amostras de solo e água, além da sondagem SPT realizada *in loco*.

A caracterização do solo superficial foi feita, principalmente, com o ensaio de granulometria por peneiramento que revelou uma predominância da fração arenosa, a qual representa aproximadamente 57,31% do material. Essa fração está distribuída entre areia grossa, média e fina. Os pedregulhos somaram 21,56%, enquanto a fração de silte e argila correspondeu a 21,13%. Esses dados apontam para um solo superficial pouco coeso, altamente permeável e de textura grossa, o que favorece a infiltração de água.

A curva granulométrica apresentada na Figura 14 mostra um traçado com trechos inclinados e outros mais planos, revelando que o solo analisado é mal graduado, ou seja, não possui uma distribuição equilibrada dos tamanhos de partículas. Esse tipo de comportamento aponta para a predominância de determinadas faixas granulométricas e ausência de outras, o que compromete a capacidade de compactação e a estabilidade natural do material.

Figura 15 – Curva granulométrica da amostra de solo superficial



Fonte: AUTORA (2025)

É amplamente conhecido que os solos arenosos apresentam elevada permeabilidade quando comparados com os solos argilosos ($k \approx 10^{-5} \text{ cm / s}$) e por isso não devem ser utilizados como camada de cobertura de aterros sanitários para evitar percolação de água de chuva dentro do corpo e com risco da drenagem e carregamento de contaminantes para lençol freático.

A presença predominante de solo arenoso, embora não indique contaminação, demonstra que o material não é adequado para a camada de cobertura de aterros, devido à sua alta permeabilidade. Esse comportamento é especialmente preocupante em áreas como a estudada, onde houve disposição inadequada de resíduos sólidos. A alta permeabilidade facilita a percolação de líquidos potencialmente contaminantes, como o chorume, permitindo que alcancem as camadas mais profundas do solo e até mesmo atinjam o lençol freático.

O ensaio de densidade real dos sólidos foi conduzido com três amostras. O valor obtido, $2,77 \text{ g/cm}^3$, está dentro da faixa típica para solos minerais. Esse valor é relevante por representar a massa dos sólidos por volume, sem considerar os vazios, o que auxilia na caracterização da amostra analisada.

Complementando a análise laboratorial, foi realizada uma sondagem SPT (Standard Penetration Test), que atingiu a profundidade de 5,15 metros, sendo interrompida por impenetrabilidade ao trépano de lavagem, como previsto na NBR 6484/2020.

As amostras foram coletadas a cada metro, permitindo a caracterização do solo analisado e da resistência à penetração. Importante destacar que a classificação realizada durante a sondagem se baseou principalmente em análises táteis e visuais das amostras, servindo como complemento à caracterização granulométrica, que é o parâmetro principal para a definição da classificação do tipo de solo.

Nos três primeiros metros, observou-se a presença de argilas arenosas com elevada umidade e sinais de matéria orgânica em decomposição. Os dados completos encontram-se apresentados no Anexo A.

A primeira camada apresentou um NSPT de 11, indicando um solo relativamente rijo. Já a segunda e terceira camadas revelaram baixa resistência com NSPT de 5, classificando-se como solos moles, com pouca capacidade de suporte. Segundo Fucale e Jucá (2002), esse padrão é comum em áreas degradadas, reforçando a necessidade de monitoramento contínuo, já que as propriedades geotécnicas do lixo variam com o tempo.

Durante a execução da sondagem, a equipe de campo relatou o deslocamento ascendente do revestimento, interpretado como possível presença de bolsões de gás confinado, fator comum em áreas com resíduos em decomposição e sem sistema de drenagem. Isso sugere que o processo de degradação orgânica ainda está ativo, gerando gases como o metano, o que representa riscos adicionais para ocupações sobre essa área.

A leitura integrada do ensaio de granulometria com a sondagem à percussão revela um perfil de solo bastante heterogêneo com baixa resistência e com presença de matéria orgânica. Essa condição aponta para um solo instável, com potencial de afundamento, compressibilidade elevada e risco de movimentações indesejadas.

As condições observadas na área ocupada revelam um cenário de vulnerabilidade geotécnica e ambiental. A construção de valas de infiltração, fossas e o cultivo de árvores e tubérculos favorecem a entrada de água no corpo do aterro, o que pode comprometer a estabilidade dos taludes e facilitar a migração de contaminantes para os recursos hídricos. O lençol freático, identificado a apenas 2,60 metros de profundidade, reforça essa fragilidade.

Mesmo com camadas mais resistentes a partir dos três metros, a presença de material orgânico em decomposição entre 1 e 3 metros continua sendo um fator de instabilidade, somado à emissão de gases e à cobertura rasa do solo. Esses elementos evidenciam que a área permanece inadequada para ocupações, sendo necessário cautela e intervenções técnicas antes de qualquer uso.

Subsequente à análise de solos, são apresentados os resultados obtidos para a água coletada no córrego Ribeirão Água Fria e no poço artesiano, com o objetivo de entender os possíveis impactos ambientais da ocupação sobre a antiga área de descarte de resíduos. Foram considerados parâmetros como pH, condutividade elétrica, turbidez, concentração de cloretos, ferro, entre outros compostos que podem indicar alterações na qualidade da água. Os resultados das análises estão organizados na Tabela 03, permitindo a comparação direta entre os parâmetros avaliados nas duas amostras.

Tabela 03 – Resultados das análises físico-químicas das amostras de água do Ribeirão Água Fria e do poço

Parâmetro	Amostra	
	Ribeirão Água Fria	Amostra Poço
pH	6,37	5,71
Cor (UC)	91	365
Turbidez (NTU)	11,8	50,7
Condutividade Elétrica (µS/cm)	33,6	262
Alcalinidade (mg/L)	10	26
Cloretos (mg/L)	0,28	13,72
Amônia (mg/L NH ₃ -N)	0	0
Ferro (mg/ L Fe)	1,37	0,62
Nitrato (mg/L NO ₃ ⁻ -N)	0	0
Ortofosfato (mg/L PO ₄ ³⁻)	0,15	0,13

Fonte: AUTORA (2025)

Os parâmetros a seguir foram analisados com base na Resolução CONAMA nº 357/2005, que estabelece os padrões de qualidade para corpos de água superficiais, como é o caso do Ribeirão Água Fria, classificado como água doce de classe 2. Para a amostra de água subterrânea, proveniente do poço utilizado para irrigação, ressalta que não se aplicam os limites da Portaria GM/MS nº 888/2021, uma vez que é voltada para água tratada destinada ao consumo humano. No entanto, para fins de referência técnica, considera-se a Resolução CONAMA nº 396/2008, que dispõe sobre a classificação e diretrizes de qualidade das águas subterrâneas.

A resolução define um intervalo entre 6,0 a 9,5 para o pH. A amostra do córrego encontra-se dentro do intervalo permitido, enquanto o do poço está levemente abaixo, indicando tendência à acidez. Essa característica pode estar associada a presença de matéria orgânica ou processos naturais do solo. Observou-se no entorno do poço a presença de árvores de grande porte, como coqueiros e mangueiras, cujas raízes podem contribuir para essa acidez.

Quanto à alcalinidade, os valores encontrados foram baixos, o que pode indicar baixa resistência a variações de pH. Embora esse fator não represente, por si só, um

risco à potabilidade, ele pode favorecer oscilações na acidez quando a água entra em contato com fontes externas de contaminação ou interferência química.

A turbidez e a cor são parâmetros visuais que indicam a presença de partículas em suspensão e matéria orgânica dissolvida. Os valores máximos permitidos para turbidez e cor em águas doces de classe 2 são, respectivamente, até 100 NTU e 75 UC. Ambas as amostras apresentaram valores abaixo desses limites. No caso do poço, os valores elevados podem estar relacionados à ausência de proteção adequada na estrutura, o que facilita a entrada de impurezas.

As resoluções analisadas como referencial de análise não estabelecem limites específicos para a condutividade elétrica, mas esse parâmetro é amplamente utilizado como indicativo da presença de íons dissolvidos na água, o que pode sinalizar alterações na sua qualidade. Segundo a CETESB (2009), valores superiores a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ indicam ambientes impactados por contaminantes, que é o caso do resultado encontrado do poço.

Seguindo o estabelecido pelas resoluções, ambos os valores estão acima do limite de potabilidade, principalmente o do córrego. A presença elevada de ferro pode ter origem natural, considerando que os solos do Tocantins são ricos em óxidos de ferro, conforme a Fontana (2024). No entanto, também pode estar associada à degradação de resíduos.

Apesar de não haver valor máximo definido em norma para o ortofosfato, níveis acima de 0,1 mg/L são geralmente associados à possibilidade de eutrofização, como observado nas duas amostras.

No que se refere a presença de amônia e nitrato nas amostras, os resultados foram ausentes. Isso indica que não houve detecção de matéria orgânica nitrogenada ou esgoto recente, o que é um resultado positivo. A análise dos cloretos mostrou valores bem abaixo do limite de 250 mg/L, não configurando risco. Mesmo o valor do poço, que é mais elevado, está dentro da normalidade. A presença de cloretos pode ter origem natural ou estar relacionada a fontes como chorume, mas, nesses níveis, não representa preocupação.

Os resultados do ensaio de sólidos, pode ser visualizado na Tabela 03, e mostraram maior concentração na amostra do poço (23,0 mg/L) em comparação com a do córrego (8,0 mg/L), com predominância de sólidos voláteis nas duas. Isso indica presença de matéria orgânica, provavelmente de origem natural. Os baixos teores de sólidos dissolvidos sugerem que a maior parte do material está em suspensão. Essas

características podem estar ligadas à dinâmica do solo e às condições do entorno, não apontando diretamente para contaminação, mas refletindo a influência de fatores ambientais na qualidade da água.

Tabela 04 – Parâmetros de sólidos (mg/L) obtidos nas amostras de água superficial e subterrânea

Parâmetro	Ribeirão Água Fria	Poço
Sólidos Totais (ST) - mg/L	8,0	23,0
Sólidos Fixos (SF) - mg/L	3,0	15,0
Sólidos Voláteis (SV) - mg/L	5,0	8,0
Sólidos Dissolvidos (SD) - mg/L	0,27	0,35
Sólidos Dissolvidos Fixos (SDF) - mg/L	0,03	0,09
Sólidos Dissolvidos Voláteis (SDV) - mg/L	0,24	0,26

Fonte: AUTORA (2025)

Além disso, a análise espectrofotométrica indicou a presença de sólidos em suspensão em níveis diferentes nas duas amostras: 7 mg/L no córrego e 56 mg/L no poço. Apesar do valor elevado no poço, não há indícios claros de contaminação. Esse aumento pode estar relacionado à presença de raízes no entorno e à redução recente do nível da água, que pode ter facilitado o arraste de partículas do solo para dentro da estrutura, especialmente pela ausência de vedação adequada.

A análise microbiológica da amostra do poço foi feita com o método Colilert e o resultado mostrou uma célula positiva para coliformes totais, como pode ser observado na Figura 16 o que equivale a 1 MPN/100 mL. Não houve fluorescência sob luz UV, indicando ausência de *Escherichia coli*. Apesar da baixa concentração, esse resultado reforça a necessidade de monitoramento contínuo, principalmente por atualmente estarem utilizando para fins agrícolas.

Figura 16 – Resultado de coliformes totais da amostra do poço



Fonte: AUTORA (2025)

De forma geral, os resultados obtidos demonstram que a área do lixão desativado de Palmas da área norte, ainda apresenta fragilidades significativas, tanto nos aspectos geotécnicos quanto ambientais. A presença de solos pouco coesos, matéria orgânica em decomposição, gases e indícios de contaminação reforçam a necessidade de atenção contínua e apontam para os riscos que a ocupação irregular de áreas de disposição final pode representar, especialmente sem qualquer tipo de controle técnico ou ambiental.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir das análises realizadas, foi possível construir um panorama técnico preliminar da área do antigo lixão desativado de Palmas – TO, considerando aspectos ambientais e geotécnicos. As condições encontradas apontam para um terreno com fragilidades importantes, principalmente em relação à qualidade do solo superficial, à presença de matéria orgânica em decomposição em camadas mais profundas e aos sinais de instabilidade associados à infiltração de água e geração de gases.

Os resultados laboratoriais das amostras de água mostram que, mesmo sem ultrapassarem todos os limites de potabilidade, há indícios claros de alteração na qualidade. Já o solo apresentou predominância de fração arenosa, alta permeabilidade e baixa capacidade de compactação, características que, somadas aos resultados da sondagem SPT, indicam um ambiente instável e sem condições seguras para ocupação, especialmente pela presença de material orgânico e pelo nível freático superficial.

É importante destacar que os dados aqui apresentados foram construídos a partir de uma investigação de campo criteriosa. Foram realizadas diversas visitas in loco ao lixão desativado, em que se observaram pontos com possível vazamento sazonal de água, presença de fossas e outras intervenções que intensificam a vulnerabilidade do local. Em todas as idas, buscou-se ouvir os moradores, compreender a realidade da ocupação e identificar, junto a eles, as condições e os riscos associados ao uso da área. Também foi feito um levantamento cuidadoso no entorno até a identificação do poço mais próximo ao aterro, utilizado para fins agrícolas e que se tornou uma das fontes analisadas.

Todo o processo de coleta de solo e água foi conduzido com base em protocolos técnicos adequados. Foram realizados todos os ensaios laboratoriais necessários para a caracterização física do solo, além da execução e acompanhamento da sondagem SPT. As etapas de campo seguiram critérios de segurança, com atenção especial para não avançar em áreas instáveis do aterro. Esse conjunto de procedimentos permitiu uma avaliação mais precisa das condições geotécnicas e ambientais da área, contribuindo de forma significativa para o entendimento dos riscos e das necessidades de intervenção.

Essas informações, somadas à ocupação irregular, à ausência de infraestrutura e à proximidade com corpos hídricos, reforçam os riscos ambientais e estruturais existentes. Por isso, o estudo não apenas contribui para o entendimento técnico da situação, como também serve de alerta sobre a urgência de medidas de remediação. Isso inclui controle de gases, impermeabilização da superfície, recuperação do solo, delimitação de áreas de risco e remoção dos moradores da área atualmente ocupada.

5.1 Sugestões para trabalhos futuros

Para estudos futuros, recomenda-se aprofundar a investigação com análises químicas mais detalhadas do solo, incluindo metais pesados e compostos orgânicos. Também se sugere a realização de novas sondagens distribuídas em diferentes pontos da área, visando a um monitoramento contínuo, além da coleta de amostras indeformadas e da execução de ensaios geotécnicos adicionais para verificação da estabilidade dos taludes.

Outro fator relevante seria a análise de águas em pontos mais próximos ao aterro ou em poços de monitoramento adjacentes, além da coleta em outros trechos do Ribeirão Água Fria e em diferentes períodos climáticos, o que poderia fornecer dados mais precisos sobre as possíveis contaminações ao longo do tempo.

Também é importante que os próximos estudos voltem o olhar para a ausência de atuação do poder público frente a ocupação irregular da área. A falta de políticas efetivas de fiscalização, regularização e gestão ambiental precisa ser questionada, principalmente diante do risco à população e ao meio ambiente. É necessário provocar o debate e levar essas questões à pauta, com foco em medidas integradas, sustentáveis e resolutivas.

Por fim, recomenda-se a verificação da viabilidade para destinar a área a outros usos que não envolvam ocupação habitacional. Ademais, seria essencial o levantamento social e sanitário da comunidade ocupante, buscando alternativas de reassentamento seguro e reestruturação urbana integrada à recuperação ambiental da área.

REFERÊNCIAS

- ABREMA. Com 3 mil lixões ativos, Brasil ainda tem dificuldades no descarte adequado do lixo. Disponível em: <https://www.abrema.org.br/2024/08/29/com-3-mil-lixoes-ativos-brasil-ainda-tem-dificuldades-no-descarte-adequado-do-lixo-2/>. Acesso em: 09 de jun. de 2025.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 23. ed. Washington, D.C.: APHA, 2017. Método 4500-Cl⁻ B.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6457: Preparação para Ensaios de Compactação e Ensaios de Caracterização. Rio de Janeiro, 1986.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6484: Solo - Sondagem de simples reconhecimento com SPT - Método de ensaio. Rio de Janeiro. 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7181: Análise Granulométrica. Rio de Janeiro, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8419/1992: Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos. Rio de Janeiro, 1992.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR-8849/85: Apresentação de projetos de aterros controlados de resíduos sólidos. São Paulo, 1985.
- 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: seção 1, Brasília, DF, 3 ago. 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 07 de jun. de 2025.
- BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, entre outras providências. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 16 jul. 2020. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l14026.htm. Acesso em: 19 jun. 2025.
- BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. *Resíduos sólidos: projeto, operação e monitoramento de aterros sanitários: guia do profissional em treinamento: nível 2*. Belo Horizonte: ReCESA, 2008. 120 p.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 7 maio 2021.
- CEMPRE. *Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado*. 4. ed. São Paulo: CEMPRE, 2018. Disponível em: http://cempre.org.br/upload/Lixo_Municipal_2018.pdf. Acesso em: 10 abr. 2025.

CETESB. *Qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo: Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem. Série Relatórios, Apêndice A.* 2009. 44 p.

DAIBERT, D. J.; SANTOS, P.R. C. *Análise dos Solos - Formação, Classificação e Conservação do Meio Ambiente.* São Paulo:[s.n.], 2014.

DE SOUSA, Gustavo Lemos; DE OLIVEIRA FERREIRA, Vitória Talita; DE CARVALHO GUIMARÃES, Jairo. Lixão a céu aberto: implicações para o meio ambiente e para a sociedade. *Revista Valore*, v. 4, p. 367-376, 2019.

DO, J. Nível de contaminação e riscos de área de antigo lixão com processo de desocupação serão avaliados. Disponível em: <https://www.jornaldotocantins.com.br/cidades/nivel-de-contaminac-o-e-riscos-de-area-de-antigo-lix-o-com-processo-de-desocupac-o-ser-o-avaliados-1.2434395>. Acesso em: 31 de jan. 2025.

DNER (Departamento Nacional de Estradas de Rodagem). *Solos - Determinação de densidade real.* ME 093/64. Brasília, 1964.

DUARTE, Pedro Alves; SCHOENELL, E. K. *Encerramento de lixão e aterro controlado: orientações e alertas.* Brasília, DF: Confederação Nacional de Municípios [CNM], 2024.

CRAIG, R. F. *Mecânica dos solos—fundamentos de engenharia geotécnica.* Braja, MD, Tradução da 6a edição norte-americana. 7a ed., LTC Editora/GEN, RJ, 2007.

FONTANA, A.,. Solos do Planalto do Tocantins. In: Fabrício de Araújo Pedron; Marcos Gervasio Pereira. (Org.). *Compêndio de solos do Brasil.* 1ed.Santa Maria: Núcleo Regional Sul da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2024, v. , p. 168-186.

FUCALE, S.P.; JUCÁ, J.F.T. Estudo da resistência à penetração dinâmica (SPT) em aterros de resíduos sólidos urbanos. In: *Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental*, 28., 2002, México. Proceedings... México: AIDIS, 2002.

GONÇALVES, Polita. Entenda as diferenças entre lixão, aterro controlado e aterro sanitário. Disponível em: <https://www.trilhoambiental.org/post/entenda-as-diferencas-entre-lixao-aterro-controlado-e-aterro-sanitario>. Acesso em: 08 fev. 2025.

GONZAGA, Ana et al. Caracterização geotécnica do solo da cidade de Uberlândia (MG)/Brasil para utilização em aterros sanitários. *Geotecnica*, n. 133, p. 73-90, 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Censo Demográfico 2022 Palmas - TO. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/to/palmas/panorama>>. Acesso em: 27 de jan. 2025.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). Lixo Municipal: manual de gerenciamento integrado. São Paulo: IPT/CEMPRE. 1995. 278p.

JUNIOR, Alex Air Santiago et al. Aterro Sanitário: Relevância e técnicas de impermeabilização do solo. *Divers@!*, v. 13, n. 2, p. 142-153, 2020.

KOIDE, Sérgio; BERNARDES, Ricardo Silveira. Contaminação do lençol freático sob a área do aterro do Jockey Club, Distrito Federal. *Águas Subterrâneas*, 1998.

LIMA, J. D. *Gestão de resíduos sólidos urbanos no Brasil*. Rio de Janeiro: ABES, 2001. 201 p.

MELLO, Fábila dos Santos. Resíduos sólidos urbanos recicláveis: um estudo de caso em Palmas - TO. 2024. 133f. Tese (Doutorado em Ciências do Ambiente) – Universidade Federal do Tocantins, Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente, Palmas, 2024.

MENEZES, Afonso Henrique Novaes et al. *Metodologia científica: teoria e aplicação na educação a distância*. Universidade Federal do Vale do São Francisco, Petrolina-PE, p. 1-84, 2019.

NEVES, Eduardo Borba; DOMINGUES, Clayton Amaral. *Manual de metodologia da pesquisa científica*. Rio de Janeiro: EB/CEP, p. 204, 2007.

PHILIPPI JÚNIOR, Arlindo. *Saneamento, saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável*. São Paulo: Manole; 2005.

RESOLUÇÃO CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Estabelece os critérios para o lançamento de efluentes de esgoto sanitário no meio ambiente. *Diário Oficial da União*, Brasília, 17 mar. 2005. Seção 1, p. 54.

RESOLUÇÃO CONAMA nº 396, de 3 de abril de 2008. Estabelece os procedimentos e critérios para a utilização de produtos reciclados de resíduos sólidos urbanos. *Diário Oficial da União*, Brasília, 3 abr. 2008. Seção 1, p. 75.

RIBEIRO, Eliana Dantas. Estudo de parâmetros físico-químicos de efluente e dos recalques de resíduos sólidos urbanos em ensaios realizados em lisímetros. 2024.

ROLNIK, Raquel. Raquel Rolnik: “É preciso entender a moradia como direito”. Entrevista concedida a Fábio Prikladnicki. GZH, Porto Alegre, 12 dez. 2015. Disponível em: <https://gauchazh.clicrbs.com.br/geral/noticia/2015/12/raquel-rolnik-e-preciso-entender-a-moradia-como-direito-4963370.html>. Acesso em: 21 jun. 2025.

SANTANA, Ramon Dias. Uso e ocupação do território do Arroio Dourado, antigo lixão do município de Foz do Iguaçu-PR e seu entorno: um enfoque nas desigualdades espaciais. 2022. Trabalho de

Conclusão de Curso (Bacharelado em Geografia) – Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA), Foz do Iguaçu, 2022.

SCHNAID, Fernando; ODEBRECHT, Edgar. *Ensaio de campo e suas aplicações à engenharia de fundações*. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

SILVA, Silvia Sonia da et al. Estudo da contaminação da água superficial e subterrânea de um lixão desativado: Arroio Dourado-Foz do Iguaçu-PR. *Revista Tecnologia e Sociedade*, v. 19, n. 55, p. 345-365, 2023

SILVA, Caroline Rodrigues da et al. Avaliação da presença e quantificação de coliformes totais e *Escherichia coli* em amostras de água destinada ao consumo humano proveniente de poços artesianos. *Semina: Ciências Biológicas e da Saúde*, v. 40, n. 2, p. 129-140, 2019.

ANEXO A - RELATÓRIO TÉCNICO DE SONDAGEM À PERCUSSÃO (SPT)
REALIZADO NO LIXÃO DESATIVADO DE PALMAS - TO.



TECNICA SONDAGEM E TECNOLOGIA LTDA

SP 048/2025

Relatório de Sondagem

Revisão 0

Cliente: HEVILA ANTONIA DE SOUSA

Página 1/5

Local: SETOR ÁGUA FRIA, PALMAS/TO

Emissão
17/06/2025

1. APRESENTAÇÃO

Prezados,

Atendendo ao solicitado por V.S.^a, apresentamos no presente relatório, os resultados das sondagens rotativa / mista realizadas na obra.

O relatório com resultados é apresentado em forma de seções geológicas geotécnicas, indicando as características dos solos perfurados e as posições dos níveis de água encontrados nos 01 furo de sondagem a percussão, totalizando 5,15 metros de perfuração.

A realização das sondagens baseia-se nas seguintes normas técnicas:

- ABNT NBR 6484/2020: Solo - Sondagens de simples reconhecimento;
- DNER-PRO 102/1997: Sondagem de reconhecimento pelo método rotativo.

E utiliza as seguintes normas em complemento, para auxiliar:

- ABNT NBR 6502/2022: Rochas e solos - Terminologia
- ABNT NBR 13441/2021: Rochas e solos - Simbologia.

2. METODOLOGIA APLICADA

A **sondagem à percussão** objetiva determinar as camadas que compõem o subsolo, bem como seus índices de resistência e o nível de lençol freático no local perfurado. O procedimento utilizado para obtenção destes parâmetros é definido pelo ensaio de penetração padronizado, identificado pela sigla SPT, que resume-se em perfurar e cravar de forma dinâmica o amostrador a cada metro.

As perfurações foram executadas inicialmente com o emprego do trado- concha ou cavadeira até 1m. Nas operações subsequentes, intercaladas as de ensaio e amostragem, foi utilizado trado helicoidal até atingir o nível d'água ou até que fosse constatada a inviabilidade do avanço com sua utilização, passando então a executar as perfurações com lavagem através de circulação de água, revestidas com tubo de aço com 2½" de diâmetro.

Foram feitas extrações de amostras do subsolo com o auxílio do amostrador padrão de 35 mm (1 3/8") e 50,8 mm (2") de diâmetro interno e externo, respectivamente. Destaco que as medidas do índice de resistência da penetração do amostrador são obtidas através do número de golpes que um peso de 65 kg, que cai em queda livre de uma altura de 75 cm, considerando-se uma penetração de 30 cm no terreno.

Para o parecer do índice de resistência do solo, o amostrador foi cravado 45cm, anotando-se o número de golpes necessários à cravação contínua e sucessiva de cada segmento de 15cm.

Portanto, consta nos perfis individuais de sondagem a soma de golpes da 1º e 2º parcelas de 15cm caracterizando os 30cm iniciais e respectivamente a soma da 2º e 3º parcela de 15cm configurando os 30cm finais.

O índice de resistência a penetração é utilizado para classificação das areias e siltes arenosos (compacidade) e argilas e siltes argilosos (consistência), conforme a seguinte tabela:

Tabela 01 - Estados de compacidade e consistência

Solo	Índice de resistência à Penetração (N)	Designação
Areias e siltes arenosos	≤ 4	Fora(o)
	5 a 8	Pouco compacta(o)
	9 a 18	Medianamente compacta(o)
	19 a 40	Compacta(o)
	> 40	Muito compacta(o)
Argilas e siltes argilosos	≤ 2	Muito mole
	3 a 5	Mole
	6 a 10	Média(o)
	11 a 19	Rija(o)
	20 a 30	Muito rija(o)
	> 30	Dura(o)

Fonte: Adaptada de ABNT – NBR 6484 outubro de 2020

As amostras extraídas do subsolo a cada metro pelo amostrador padrão foram acondicionadas em sacos plásticos fechados e armazenadas em caixas de madeira para posterior classificação tátil-visual. As amostras estão à disposição dos interessados por um período de 60 dias a contar desta data.

A **sondagem rotativa** objetiva coletar amostras deformadas de solo e, principalmente, de rocha, bem como identificar a profundidade do lençol freático e a composição do subsolo, seja ela rochosa, ou não. O procedimento da sondagem consiste em perfurar o solo com barrilete por meio do movimento de rotação.

O método investigativo é feito com um equipamento denominado barrilete, constituído por um ou dois tubos, dotado de peça cortante feita com material de alta dureza em sua ponta, denominada coroa, que perfura o solo e retira

**TECNICA SONDAGEM E TECNOLOGIA LTDA****SP 048/2025****Relatório de Sondagem**

Revisão 0

Cliente: HEVILA ANTONIA DE SOUSA

Página 2/5

Local: SETOR ÁGUA FRIA, PALMAS/TO

Emissão
17/06/2025

as amostras por meio do movimento de rotação. O barrilete tem sempre uma camisa livre em seu interior para proteger o testemunho retirado do terreno.

A formação rochosa deve determinar o tipo de barrilete, bem como a coroa a ser utilizada na sondagem. Em caso de avanço em rocha sã e pedregulhos/matacões de rocha, por exemplo, é utilizada sonda hidráulica MACH 920, com revestimentos de diâmetro BW acopladas a sondas percussivas, barriletes duplos giratórios e coroas diamantadas.

Durante a operação de perfuração, são anotadas transições de camada, observadas através de exame visual ou alteração da coloração do fluido de perfuração. Além disso, anomalias como perda d'água de circulação, fendas, fissuras, etc., são anotadas com as respectivas profundidades.

As amostras obtidas durante a perfuração são acondicionados em caixas de madeira aplainada feitas criteriosamente de maneira a serem mantidas as posições relativas dos testemunhos coletados na ordem em que são retirados durante a perfuração. Feito isso, é feita análise tátil-visual dos testemunhos, que objetiva determinar os seguintes parâmetros:

- Classificação litológica;
- Grau de alteração;
- Grau de coerência;
- Grau de faturamento;
- Porcentual de recuperação da rocha, e;
- Designação Qualitativa da Rocha (RQD).

O nível do lençol freático é obtido por meio das observações feitas pelo operador durante o processo de perfuração.

Os resultados das determinações supracitadas estão apresentados nos perfis individuais de sondagem em anexo.

Para perfuração em rocha, conforme as tabelas a seguir foram realizadas análises para indicar o tipo de rocha encontrado, grau de alteração, fraturamento, consistência, porcentagem de recuperação e o índice de qualidade da rocha, sendo:

GRAU DE ALTERAÇÃO (Tabela 11 DNER-PRO 102/97)

Sã ou praticamente sã	Aspectos sadio ou leve alteração hidrotermal. As fraturas podem apresentar sinais de oxidação.	A1
Pouco alterada	Perda do brilho dos minerais constituintes, juntas oxidadas ou levemente alteradas.	A2
Medianamente alterada	Significantes porções de rocha mostram-se descoloridas ou oxidadas e apresentam sinais de intemperismo (mudanças químicas e microfissuração)	A3
Muito alterada	Toda a rocha apresenta-se descolorida ou oxidada, cristais alterados e fissurados.	A4
Extremamente alterada	Rocha decomposta, friável, textura e estruturas preservadas.	A5

GRAU DE CONSISTÊNCIA (NBR 6502/2022)

Muito consistente	Rocha com som metálico, quebra com dificuldade ao golpe do martelo. Sua superfície dificilmente é riscada pelo aço.	C1
Consistente	Rocha com som fraco, quebra com relativa facilidade ao golpe do martelo. Ao ser riscada pelo aço, deixa sulcos superficiais.	C2
Medianamente consistente	Rocha cujas bordas de seu fragmento se quebram dificilmente sob pressão dos dedos. Facilmente riscável por lâmina de aço.	C4
Pouco consistente	Rocha cujas bordas de seu fragmento se quebram sob pressão dos dedos. Sulcos profundos ao risco do aço.	C3
Friável	Rocha esfarela-se ao golpe do martelo, desagregando com a pressão dos dedos. Pode ser riscada com a unha.	C5

**Relatório de Sondagem**

Revisão 0

Cliente: HEVILA ANTONIA DE SOUSA

Página 3/5

Local: SETOR ÁGUA FRIA, PALMAS/TO

Emissão
17/06/2025

GRAU DE FRATURAMENTO E ESPAÇAMENTOS (modificado de ABGE, 1983 e IPT, 1984).

Sigla	Espaçamento médio entre Fraturas (cm)	Nº de Fraturas por metro(IPT)	Denominações
F1	> 200	≤ 1	Maciço
F2	60 - 200	1-5	Pouco Fraturado
F3	20 - 60	06-10	Medianamente Fraturado
F4	6 - 20	11-20	Muito Fraturado
F5	< 6	>20	Extremamente Fraturado

Em anexo, apresentamos:

- Planta de locação do furo de sondagem contendo a cota da boca dos furos;
- Perfis individuais contendo os índices acima especificados;

Colocamo-nos à disposição de V.S.^a para quaisquer esclarecimentos que eventualmente se fizerem necessários.



TECNICA SONDAGEM E TECNOLOGIA LTDA

SP 048/2025

Localização de Sondagem

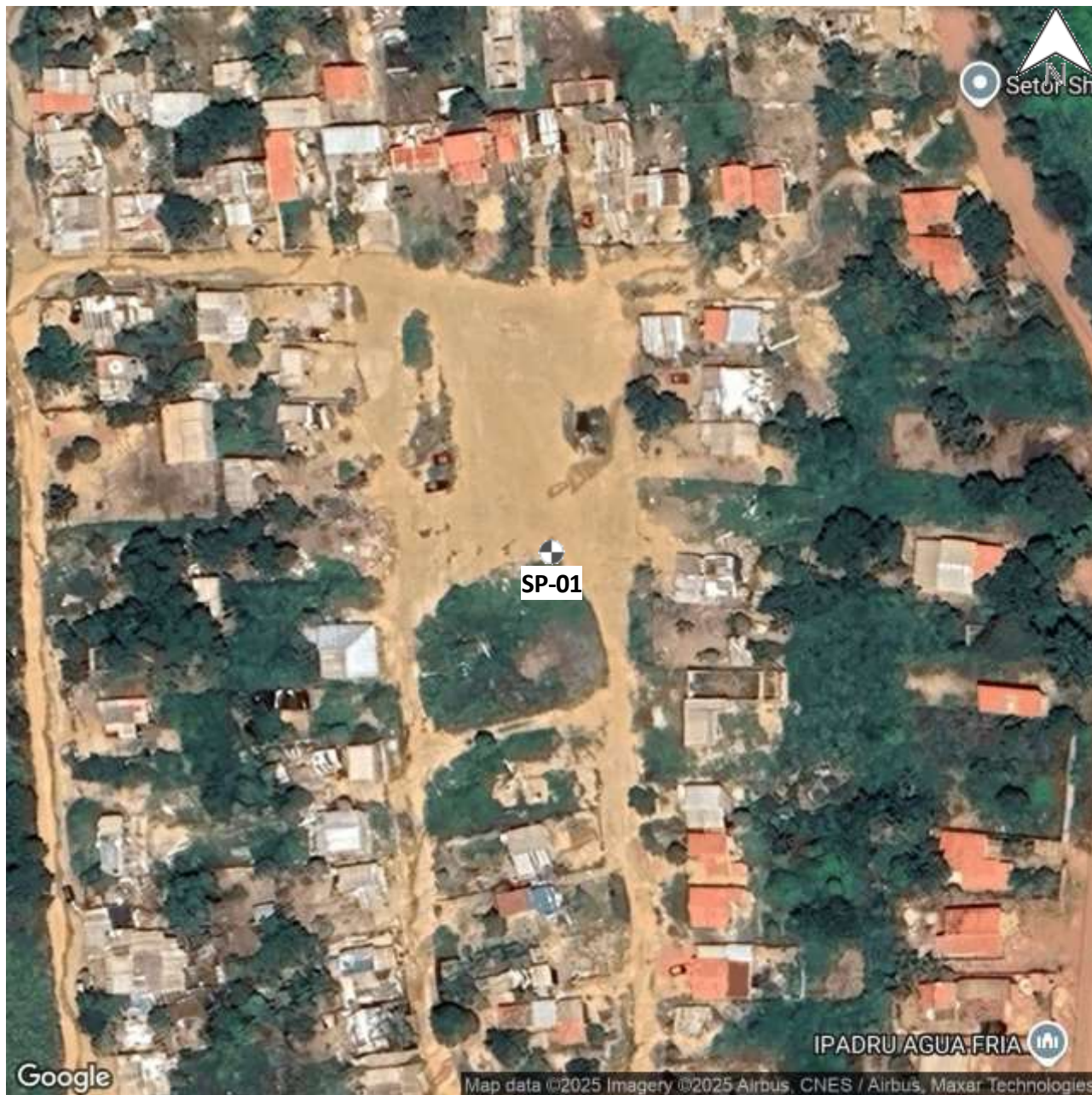
Escala 1:1.110,84

Cliente: HEVILA ANTONIA DE SOUSA

Página 5/5

Local: SETOR ÁGUA FRIA, PALMAS/TO

Data 16/06/2025



SP-01 | N 8.876.944,00 m; E 790.148,00 m; F 22S

Técnica Sondagem e Tecnologia Ltda – CNPJ: 24.995.164/0001-64
End.: 112 Sul Rua SR-03 N° 39 Palmas-TO – CEP 77.020-172
Fone: (63)3215-1830 - e-mail: sondagem@tecnica.eng.br

Resp. Técnico

Guilherme Alves Morais
Guilherme Alves Morais
Engenheiro Civil - CREA/TO 322966/D