



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS
IG / IB / IQ / FACE-ECO / CDS

LARISSA MALTA SANTOS

**DE LIXÃO A ATRATIVO SUSTENTÁVEL: DISCUSSÕES TÉCNICAS E LEGAIS À
RESPEITO DA RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA DO LIXÃO DE ALTO
PARAÍSO DE GOIÁS - GO**

BRASÍLIA - DF

2022

LARISSA MALTA SANTOS

**DE LIXÃO A ATRATIVO SUSTENTÁVEL: DISCUSSÕES TÉCNICAS E LEGAIS À
RESPEITO DA RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA DO LIXÃO DE ALTO
PARAÍSO DE GOIÁS - GO**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Ciências Ambientais da Universidade de Brasília como parte dos requisito à obtenção do Título de Bacharel em Ciências Ambientais.

Orientador: Prof.º. Dr. Luciano Soares da Cunha

Coorientadora: Prof.^a. Dra. Elaine Nolasco Ribeiro.

BRASÍLIA - DF

2022

AGRADECIMENTOS

Primeiramente devo agradecer a oportunidade de nascer em uma família que sempre apoiou minhas escolhas e proporcionou momentos incríveis;

Ao meu avô, Elimário Araújo Santos, responsável por instigar o amor que desenvolvi desde pequena pela natureza e pela terra, nas idas e vindas à sua fazenda, o que me incentivou a seguir profissionalmente na área ambiental;

Aos meus pais, Claudia Malta Santos e Rodrigo César Santos Felisdorio, pelos ensinamentos e confiança depositada em mim. Aos meus irmãos, Luana Malta Santos e Guilherme Paim Felisdorio, pelo companheirismo e descontração que torna tudo mais leves;

Ao meu Orientador Luciano Soares da Cunha, o melhor que eu poderia ter tido, por me manter calma nos momentos complicados, por sempre me deixar à vontade como pesquisadora e me incentivar nessa caminhada que se inicia, além da disponibilidade de sempre;

À minha coorientadora, Elaine Nolasco Ribeiro, por ter aceitado o convite de me coorientar e pelas contribuições para o aperfeiçoamento do trabalho;

A todos os professores que me transmitiram seus valiosos conhecimentos no decorrer dessa caminhada, contribuindo para minha minha formação como profissional e cidadã;

Ao Secretário Municipal de Meio Ambiente de Alto Paraíso de Goiás, pelas contribuições com materiais bibliográficos e horas de entrevista que agregaram ao trabalho;

Por fim, a todas as pessoas que traçaram meu caminho durante a minha graduação e que me ajudaram de alguma forma, em especial meus queridos amigos;

Gratidão imensa!

"Tentar olhar mais longe, ir mais longe, me parece uma daquelas coisas esplêndidas que dão sentido à vida. Como amar e como olhar o céu. A curiosidade de aprender, descobrir, querer olhar além da colina, querer experimentar a maçã é o que nos torna humanos."

(Carlos Rovelli)

RESUMO

A geração dos resíduos sólidos urbanos (RSU) tem alcançado números cada vez maiores aumentando a produção de resíduos e a consequente busca por depósitos irregulares, sobretudo quando se trata de municípios brasileiros de pequeno porte, que em sua maioria, recorrem a vazadouros a céu aberto (lixões) para dispor os RSU. Esse estudo de caso tem por objetivo apresentar uma proposta de recuperação da área degradada por resíduos sólidos urbanos para o lixão do município de Alto Paraíso de Goiás-GO. Os dados utilizados para esse estudo são dados secundários relacionados ao meio físico (hidrografia, geologia, geomorfologia e pedologia), meio biótico (vegetação) e a tipologia dos RSU. O processamento dos dados geográficos foi realizado dentro de um Sistema de Informação Geográfica (QGIS). A elaboração da proposta de recuperação para a área de estudo ocorreu a partir da revisão conceitual das principais técnicas utilizadas em recuperação de áreas degradadas e da revisão bibliográfica de estudos de casos da aplicação dessas técnicas em lixões pelo mundo. Em vista disso, uma proposta de reabilitação para o lixão foi sugerida, a fim de adequá-lo à legislação e mitigar os impactos ambientais, bem como proporcionar um ambiente salubre à comunidade circunvizinha, transformando a área em um atrativo sustentável de fomento à pesquisa. Para o aprimoramento da proposta é necessário realizar estudos *in situ* com objetivo de levantar dados primários que possibilitem identificar o real grau de contaminação da área.

Palavras-chave: Resíduos sólidos; Lixão; Recuperação de Área Degradada; Reabilitação; Meio Ambiente;

ABSTRACT

The generation of urban solid waste (USW) has been reaching increasingly greater levels, rising up the waste production and the resultant seek for irregular deposits, especially when it comes to small Brazilian counties, that, in majority, utilize dumps out in the open for placing the USW. This case study intends to present a proposal for recovering the area degraded by urban solid waste in the dump in the county of Alto Paraíso de Goiás-GO. The data used in this study are secondary data related to the physical environment (hydrography, geology, geomorphology and pedology), biotic environment (vegetation) and USW typology. The geographic data processing was performed in a Geographic Information System (QGIS). The formulation of the proposal for recovering the studied area developed from the conceptual review of the main techniques used for degraded areas recovery and the bibliographical review of study cases concerning the application of these techniques in waste dumps throughout the world. In view of that, a rehabilitation proposal for the dump was suggested, in order to comply with the legal requirements and mitigate the environmental impacts, as well as to provide a salubrious environment for the surrounding community, transforming the area in a sustainable appeal for research fomentation. For improving the proposal, it is necessary to perform studies in situ so as to collect primary data that would enable the identification of the real contamination level of the area.

Keywords: Solid waste; Dumping; Degraded areas recovery; Rehabilitation; Environment;

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVO	14
2.1 Objetivo geral	14
2.2 Objetivo específico	14
2.3 Hipótese	14
3 JUSTIFICATIVA	15
4 HISTÓRICO	16
5 REFERENCIAL TEÓRICO	20
5.1 Disposição final de resíduos sólidos	20
5.1.1 Aterro sanitário	20
5.1.2 Lixão	20
5.1.3 Aterro controlado	20
5.2 Área degradada	20
5.3 Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD)	21
5.4 Técnicas	21
5.4.1 Uso das técnicas em casos relevantes no mundo	25
6 MATERIAIS E MÉTODOS	29
6.1 Área de Estudo	29
6.2 Caracterização do meio físico	30
6.2.1 Clima	30
6.2.2 Hidrografia	30
6.2.3 Geologia	31
6.2.4 Geomorfologia	32
6.2.5 Pedologia	33
6.3 Caracterização do meio biótico	34
6.3.1 Flora	34
6.3.2 Fauna	35

6.4 Caracterização dos resíduos sólidos urbanos	35
7 PLANO DE RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA	38
8 RESULTADOS E DISCUSSÕES	43
9 CONSIDERAÇÕES FINAIS	46
REFERÊNCIAS	47

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Impactos ambientais no lixão de Alto Paraíso de Goiás - GO	18
Figura 2 - Mapa da distância irregular entre o lixão e o aeródromo	19
Figura 3 - Ilustração da aplicação das técnicas de RAD.	24
Figura 4 - Mapa de Localização da área de estudo	29
Figura 5 - Mapa hidrográfico da região do lixão de Alto Paraíso de Goiás	31
Figura 6 - Mapa geológico da região do lixão de Alto Paraíso de Goiás	32
Figura 7 - Mapa geomorfológico da região do lixão de Alto Paraíso de Goiás	33
Figura 8 - Mapa pedológico da região do lixão de Alto Paraíso de Goiás	34
Figura 9 - Mapa de vegetação da região do lixão de Alto Paraíso de Goiás	35
Figura 10 - Gráfico do percentual dos resíduos reciclados em 2021	36
Figura 11 - Fluxograma de execução das etapas para a recuperação da área degradada	38

LISTA DE TABELA E GRÁFICOS

Tabela 1 - Comparação da situação da usina de triagem do Lixão de Alto Paraíso de Goiás - GO no ano de 2022 e 2003	16
Gráfico 1 - Progressão da destinação de materiais recicláveis pela Reciclealto.	36
Gráfico 2 - Comparação da tipologia dos resíduos reciclados em 2021. Valores em toneladas e porcentagem	37

1 INTRODUÇÃO

A geração dos resíduos sólidos urbanos (RSU) tem alcançado números cada vez maiores em decorrência de diversos fatores, parte disso é resultado do crescimento demográfico associado ao estilo de vida consumista de uma população enraizada em um sistema capitalista, em que predomina um modelo de economia linear - extração, transformação, consumo e descarte – o qual se pauta na extração irresponsável de recursos naturais limitados e descarte dos produtos em curto período de tempo, afetando diretamente a produção massiva de resíduos e a consequente busca por depósitos irregulares (ABRELPE, 2021).

Em 2020, a população Brasileira foi responsável pela geração de aproximadamente 82,5 milhões de toneladas de RSU. Um crescimento de 4,4% em relação ao ano anterior, esse aumento expressivo pode ser explicado pela influência direta da pandemia da COVID-19. Em termos *per capita*, cada brasileiro gerou, em média, 1,07 kg de resíduo por dia. No Brasil, ainda há muita dificuldade para dispor esses materiais de forma correta. No ano de 2020, 60,2% do total de resíduos coletados em todo o país foram enviados aos aterros sanitários, recebendo a disposição final ambientalmente adequada, enquanto 39,8% foram dispostos de forma inadequada, sendo direcionados a lixões ou aterros controlados, que seguem em operação, mesmo havendo comprovação dos diversos malefícios socioambientais advindos da disposição de resíduos diretamente ao solo (ABRELPE, 2021).

Esse cenário está em discordância ao determinado pelo artigo 225 da Constituição Federal que considera a proteção ambiental como essencial para a proteção do ser humano, impondo ao Poder Público e à coletividade o dever de defender e preservar o meio ambiente visando as futuras gerações, assegurando a todos o direito a um meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum e essencial à sadia qualidade de vida (BRASIL, 1988). O artigo norteia muitas políticas ambientais, como é o caso da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) promulgada pela Lei nº 12.305/10.

No intuito de contornar a problemática dos RSU, ainda muito comum no Brasil, em 2010 a PNRS estabelece instrumentos e diretrizes para o gerenciamento adequado dos resíduos sólidos, bem como às responsabilidades do poder público. A PNRS estabelece uma hierarquia para o gerenciamento dos resíduos sólidos, são eles: não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. Disposição essa, que deveria ser implementada até 2014, tendo em vista que o prazo estipulado foi de 4 anos, dada a publicação da lei, para a

implementação da disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, ou seja, aterro sanitário (BRASIL, 2010).

Entretanto, a realidade de eliminação das disposições inadequadas de resíduos prevista pela PNRS não foi a esperada, dado que o cumprimento da meta ficou muito aquém do estabelecido pela lei, em vista da insuficiência de verba para adequação dessas exigências. Os elevados custos para tal inviabiliza economicamente este processo, além disso, falta aos municípios corpo técnico capacitado e experiente para conduzir as adequações necessárias. A fim de reduzir os custos envolvidos, a PNRS preconiza, em suas diretrizes, incentivos para a formação de consórcios públicos intermunicipais de resíduos sólidos. Esse dispositivo administrativo-gerencial é assegurado constitucionalmente e necessita de investimentos e o apoio da União e dos Estados para sua consolidação (BRASIL, 2010).

O cenário do Brasil ainda se manteve crítico quanto às disposições inadequadas, desse modo, em julho de 2020 foi aprovada a Atualização do Marco Legal do Saneamento Básico, estabelecendo novos prazos para extinguir as disposições irregulares até 2024 (BRASIL, 2020). Dados mais recentes indicaram que ainda há 2.868 municípios que necessitam se adequar a Lei vigente, num total de 5.570 municípios brasileiros, ou seja, mais de 50% do Brasil dispõem de forma ilegal os resíduos. Na região Centro-Oeste o cenário não é diferente, mais de 60% dos municípios dispõem os RSU de forma inadequada, dentre eles lixões ou aterros controlados (ABRELPE, 2021).

Dessa forma, faz-se necessário o estudo de caso do município de Alto Paraíso de Goiás com a finalidade de enquadrá-lo às exigências legais, tendo em vista que o lixão do município ainda se encontra em operação, provocando diversos impactos socioambientais, e deve, até 2024 encerrar sua atividade, bem como implementar um aterro sanitário. Portanto, a elaboração de um Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) se torna um importante instrumento para contornar os efeitos adversos causados pelo funcionamento do lixão - a degradação do meio ambiente e a qualidade de vida da população - objetivando o restabelecimento do equilíbrio ambiental (LINS et al., 2021). Para efeito deste trabalho, a premissa adotada é que haverá o encerramento das atividades do lixão municipal, o qual se encontra em funcionamento desde 1993, quando iniciou a coleta de lixo diária na cidade (RINCO, 2003).

2 OBJETIVO

2.1 Objetivo geral

Apresentar uma proposta de recuperação da área degradada por resíduos sólidos urbanos para o lixão do Município de Alto Paraíso de Goiás-GO.

2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar o meio físico da área de estudo e entorno;
- Caracterizar o meio biótico da área de estudo e entorno;
- Caracterizar os resíduos depositados na área de estudo;
- Detalhar ações a serem adotadas para a recuperação da área de estudo;
- Propor alternativa para reabilitação da área de estudo.

2.3 Hipótese

A desativação do lixão de Alto Paraíso de Goiás irá corroborar para adequação do município a PNRS e a atualização do Marco Legal do Saneamento e a reabilitação da área contribuirá para a redução dos impactos socioambientais causados pela disposição final ambientalmente inadequada dos rejeitos.

3 JUSTIFICATIVA

A realidade da maioria dos municípios brasileiros de pequeno porte é ter como depósito de resíduos sólidos um vazadouro a céu aberto (lixões). Esses locais levam a um ambiente insalubre, com mau odor, fonte de alimento e abrigo para animais e insetos, tornando foco para proliferação de vetores de doenças (GÜNTHER, 2008). Além disso, há impactos que perduram mesmo após o encerramento das atividades do lixão, como é o caso da poluição nos compartimentos ambientais (solo, ar e água), decorrente do contato com o lixiviado, líquido proveniente da decomposição da matéria orgânica, de coloração escura e mau cheiro, sendo altamente poluente por compostos orgânicos e íons metálicos (BRAGA JR et al., 2002).

A geração do lixiviado pode perdurar ao longo de décadas, seja por meio da percolação no solo ou da lixiviação e escoamento superficial, resultando na contaminação de águas superficiais e subterrâneas. Outro preocupante impacto é a emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE) provenientes da decomposição da matéria orgânica depositada nos lixões, por se tratar de gases indutores do aquecimento global que contribuem para as mudanças climáticas. Por fim, no que diz respeito aos impactos desses locais, deve-se levar em conta a exposição dos trabalhadores que por meio da coleta de resíduos dispostos nesses ambientes, obtêm seu sustento de vida reciclando os materiais ali depositados. Esses cidadãos estão constantemente expostos às condições insalubres de trabalho, afetando seu bem-estar, saúde e qualidade de vida (NOGUEIRA, 2015).

O impacto desses passivos se tornam ainda mais preocupantes quando há possibilidade desses efeitos afetarem áreas destinadas, legalmente, à proteção ambiental, como é o caso de Parques Nacionais. Esses espaços foram criados por meio do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), preconizado pela Lei nº 9.985/2000, regulamentado pelo Decreto 4.340/02 (BRASIL, 2000).

A fim de fortalecer a proteção do entorno dessas áreas, bem como os ecossistemas ali existentes, a Resolução Conama nº 428/2010 alterada pela nº 473/2015 delimita uma zona de amortecimento¹ (ZA) de três quilômetros para as Unidades de Conservação (UC's), cuja ZA não esteja estabelecida no plano de manejo (CONAMA, 2010). No entanto, essa resolução perdeu vigência desde 2020 e portanto, segue sem proteção, o que resulta em grandes riscos, tendo em vista que a ausência da faixa de segurança estimula a instalação de empreendimentos de significativo impacto ambiental.

¹zona de amortecimento: o entorno de uma unidade de conservação, onde as atividades humanas estão sujeitas a normas e restrições específicas, com o propósito de minimizar os impactos negativos sobre a unidade (artigo 2º, inciso XVIII da Lei nº 9.985/2000).

As atividades de deposição e armazenamento de resíduos sólidos localizada nas proximidades de UC's, são um exemplo, pois prejudicam diretamente a qualidade do meio ambiente adjacente, uma vez que a presença desses depósitos procedem de forma adversa ao almejado na criação desses espaços: a proteção dos recursos naturais, bem como a preservação ambiental. Por essa razão, é evidente a cautela na escolha do local apropriado para depósito desses materiais, fato que não se observa no município de Alto Paraíso de Goiás - GO, no qual um depósito a céu aberto, "lixão", é limítrofe ao Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros (PNCV).

O PNCV é uma Unidade de Conservação de Proteção Integral, criada em 1972 que objetiva a preservação da natureza, admitindo apenas o uso indireto dos seus recursos naturais. Em 2001, intitulado pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) como Patrimônio Mundial Natural, o parque foi considerado a maior área de conservação ambiental e o mais importante atrativo ecoturístico da região (ICMBIO, 2009).

Considerando todos os malefícios citados e a proximidade ao PNCV, faz-se necessária a elaboração de um plano de recuperação, de modo a mitigar os impactos ambientais existentes e minimizar a continuação dos processos causadores desses impactos.

4 HISTÓRICO

O atual local a céu aberto que serve como depósito de resíduos em Alto Paraíso de Goiás, era localizado em uma propriedade particular que foi negociada pela Prefeitura Municipal no ano de 1993, no mesmo ano em que iniciou a coleta de lixo diária no município. Em 1996 a Prefeitura inaugurou o que denominaram de Aterro Controlado, o local recebeu uma Usina de Triagem, a qual continha um galpão de reciclagem e equipamentos como: containers, lixeiras, carrinhos de mão, balança de 200kg, dentre outros itens necessários para sua operacionalização (RINCO, 2003).

Contudo, o funcionamento do galpão perdurou por apenas 3 meses devido ao alto custo de manutenção do sistema adotado e a troca na gestão pública no ano de 1997. Além disso, a falta de operação impediu a continuidade do projeto, resultando na desativação e abandono da Usina, sofrendo processo de sucateamento e constantes roubos. (ICMBIO, 2009; NABORFAZAN, 2017; RINCO, 2003; TERMO DE REFERÊNCIA, 2010).

Situação da usina de triagem em agosto de 2022



Situação da usina de triagem em novembro de 2003 (RINCO, 2003)

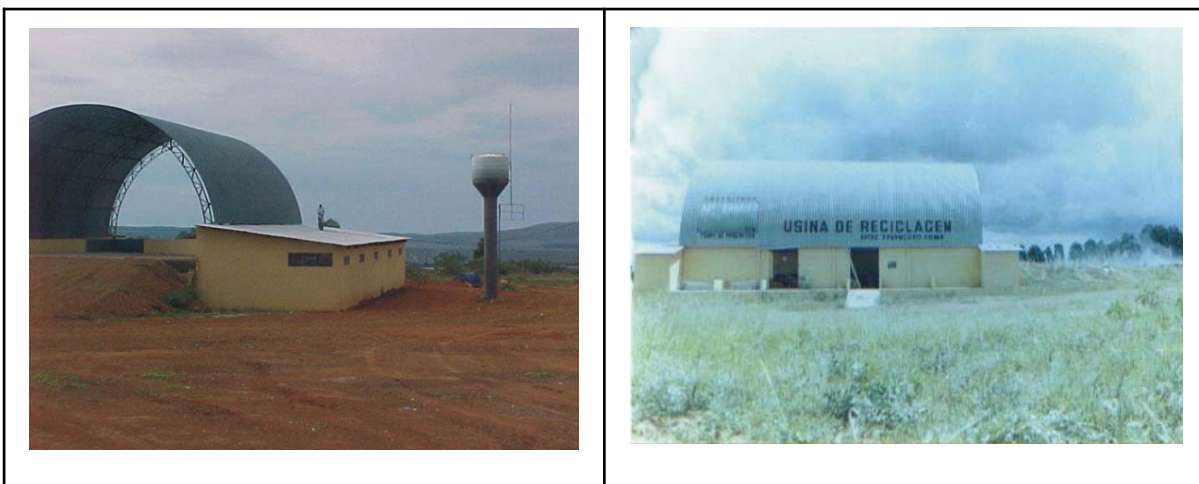


Tabela 1. Comparação da situação da usina de triagem do lixo de Alto Paraíso de Goiás - GO no ano de 2022 e 2003.

Na intenção de contornar essa situação e se adequar à legislação vigente (PNRS), em 2010, o município de Alto Paraíso de Goiás elaborou um Termo de Referência para contratação de consultoria especializada em meio ambiente e gestão de resíduos sólidos para elaboração de estudos técnicos que indicassem 3 áreas mais favoráveis à instalação de um aterro sanitário. Após 2 anos, uma audiência pública para apresentação desses estudos foi realizada. A prefeitura alegou que as áreas passíveis de receber o aterro são distantes da sede do município, o que inviabilizaria sua implementação devido aos altos custos com transporte e adequada fiscalização (NABORFAZAN, 2017). Dessa forma, o depósito a céu aberto permaneceu em operação com os diversos malefícios inerentes a qualquer tipo de lixo.

Diante do exposto, em 2017, houve uma inspeção judicial na área gerando a homologação de um Termo de Ajuste de Conduta (TAC) assinado pela prefeitura, o Ministério Público Federal (MPF) e o Ministério Público de Goiás (MP-GO) se comprometendo a realizar medidas imediatas e de curto prazo para mitigar os efeitos adversos providos pelo lixo. Dentre as medidas definitivas para implementação de um aterro sanitário, foi estabelecido o prazo de 90 dias para, “apresentação de planilha orçamentária e plano de captação de recursos para elaboração de um PRAD para toda a área afetada pela disposição de resíduos e rejeitos do município, devendo incluir também um orçamento e cronograma, observando as diretrizes da Resolução CONAMA nº 420/2009” (NARBOFAZAN, 2017).

Não sendo suficiente para impedir a continuidade dessa situação, mais um TAC foi celebrado em 2020 para que o município agisse com urgência na adequação do atual lixo da cidade. Entre as ações estipuladas pelo MP, foi solicitado o cumprimento de medidas corretivas, como a manutenção e construção de nova cerca na área, a imediata eliminação de queima a céu aberto, contenção do mau cheiro e à proliferação de insetos e outros vetores de

contaminação, além disso, demanda o recobrimento e compactação dos resíduos quinzenalmente (ARAÚJO, 2020).

Atualmente, o local para disposição final dos resíduos sólidos urbanos de Alto Paraíso de Goiás permanece em operação servindo de lixão a céu aberto e provocando diversos impactos ambientais (Figura 1). Na vistoria técnica realizada pela autora do presente trabalho, constatou-se a presença de uma lagoa de chorume, vetores de doenças como moscas (*Musca domestica*), urubus (*Coragyps atratus*) e cachorros (*Canis lupus familiaris*), e ainda áreas com recalque e erosão de solo do tipo laminar, sulco e até voçorocas. Essas implicações evidenciadas refletem a redução dos níveis de salubridade do local, além de danos à fauna e flora local.



Figura 1. Impactos ambientais no lixão de Alto Paraíso de Goiás - GO.

A ação do vento e a falta de compactação e recobrimento dos resíduos, com camada de solo, resulta na dispersão desses materiais para as proximidades do lixão, como é o caso da rodovia GO-118. A área do lixão foi instalada a uma distância de aproximadamente 50 metros do lixão. Essa problemática pode repercutir em acidentes de trânsito, e a dispersão dos resíduos para o ambiente traz tanto impactos visuais como socioambientais, ocasionando o entupimento de bueiros, por exemplo.

O depósito de resíduos foi construído de forma equivocada, sem considerar as diretrizes e critérios estabelecidos legalmente, o que dificulta a compatibilização com as legislações vigentes. No entanto, de acordo com as recomendações da NBR 13.896/97, que estabelece critérios para projetos de aterros de resíduos sólidos não perigosos, o lixão está devidamente localizado, no que diz respeito à distância mínima a núcleos populacionais. Tendo em vista que a norma recomenda uma distância superior a 500 m, e o lixão dista 3 km do perímetro urbano (ABNT, 1997).

Outra norma vigente que o município deveria se atentar refere-se a Área de Segurança Aeroportuária - ASA. Nos aeródromos de maior porte com núcleo populacional mais denso e maior volume de voos, a Lei Federal nº 12.725/2012 delimita um raio de 20km a partir do aeródromo do município. Esse raio tem por finalidade impedir a instalação de qualquer atividade atrativa de fauna, já que estas comprometem a segurança operacional da aviação, como é o caso de vazadouros de resíduos sólidos (BRASIL, 2012).

Apesar do aeródromo do município (SDXF) não possuir uma ASA devido a baixa intensidade de voo e a baixa densidade populacional, a distância do lixão municipal ao aeródromo da cidade (SDXF) pode ocasionar problemas com a avifauna presente no lixão, o que comprova mais uma falha na alocação desse espaço para depósito de resíduos, tendo em vista que o lixão dista apenas cerca de 1 km da pista de pouso e decolagem (Figura 2).

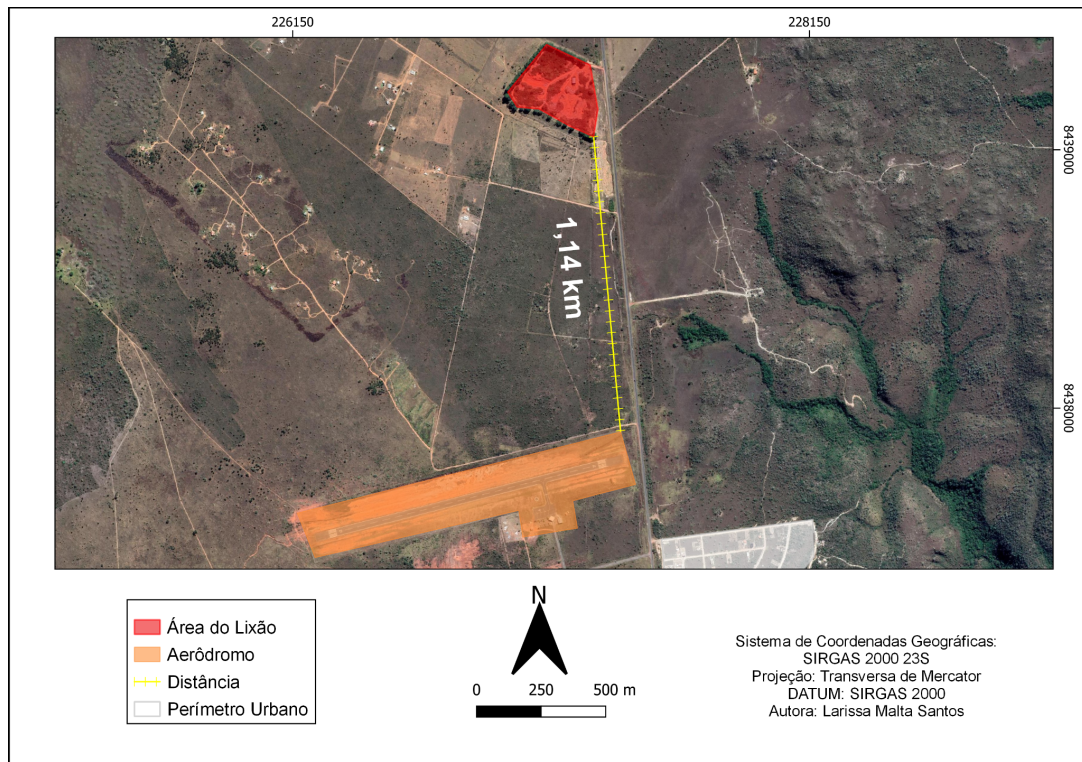


Figura 2: Mapa da distância irregular entre o lixão e o aeródromo.

Em virtude dos pontos esclarecidos ao longo do trabalho, é perceptível a necessidade de adequar o município de Alto Paraíso de Goiás à PNRS, à Lei nº 14.026/2020 e aos TAC firmados, concretizando o tão esperado encerramento do lixão da cidade. Inclusive, executar e implementar um plano de recuperação dessa área, pois além de recuperar a área degradada e melhorar a qualidade de vida dos trabalhadores do local, a execução do plano insere-se nas

perspectivas dos 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (17 ODS)², elaborados pela Organização das Nações Unidas (ONU) e aprovado por 153 Países - incluindo o Brasil - tal como a meta 12.4 do objetivo 12 que se refere ao consumo e produção sustentável. A meta 12.4 prevê o alcance do manejo ambientalmente saudável dos resíduos, ao longo de todo o ciclo de vida, a fim de minimizar seus impactos negativos sobre a saúde humana e os compartimentos ambientais -ar, água e solo - (NAÇÕES UNIDAS BRASIL, 2022).

² São 17 objetivos e 169 metas de ação global para se alcançar até 2030. Os objetivos abrangem as dimensões ambiental, econômica e social do desenvolvimento sustentável, de forma integrada e inter-relacionada. A proposta é que os países signatários as incorporem em suas políticas, programas e planos de governo. (ODS BRASIL, 2022)

5 REFERENCIAL TEÓRICO

5.1 Disposição final de resíduos sólidos

5.1.1 Aterro Sanitário

A definição de aterro sanitário é ditada pela Norma Brasileira - NBR 8.419 (ABNT, 1992) que trata sobre a apresentação de projetos de aterros sanitários, define-se aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos como:

Técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, se necessário (ABNT, 1992).

5.1.2 Lixão

Os lixões são vazadouros a céu aberto utilizados para disposição do lixo, sem qualquer controle ou regramentos, descarregados sobre o terreno exposto (IBGE, 2017). Essa forma de disposição não consta em nenhuma legislação e portanto, se caracteriza como inadequada perante a legislação brasileira.

5.1.3 Aterro Controlado

Essa é uma forma de disposição final de RSU intermediária entre as comentadas acima. Os resíduos são depositados diretamente no solo, no entanto adota-se algumas tecnologias a fim de minimizar os impactos e aumentar a segurança do local, por exemplo, o recobrimento com solo argiloso e a captação e queima de gás metano (BIDONE; PIVINELLI, 1999).

5.2 Área degradada

O conceito de área degradada surgiu em 1989 com o Decreto Federal nº 97.639 que define degradação ambiental como processos decorrentes de alterações significativas ao meio ambiente por meio da perda ou redução da qualidade ou produtividade dos recursos ambientais (DECRETO FEDERAL, 1989).

Para Zuquette et al. (2012) é consenso que a degradação ambiental está associada à perda de qualidade ou capacidade produtiva, devendo então ser avaliada com relação à extensão e ao grau do dano ao meio ambiente. Segundo o Manual da CETESB, a perda de

matéria devido à erosão, processos como a salinização, lixiviação, deposição ácida e a introdução de poluentes, são exemplos de áreas degradadas, pois, sofreram alterações negativas das suas propriedades físicas e/ou químicas (CETESB, 2001).

5.3 Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD)

Na intenção de reverter ambientes intensamente afetados, a sociedade se voltou para ações no sentido de propiciar a Recuperação de Áreas Degradadas (RAD). Para tanto, o Decreto Federal nº 97.632/1989, foi o primeiro marco regulatório que citou Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD), como parte obrigatória de atividades de mineração sujeitas a EIA/RIMA (DECRETO FEDERAL, 1989).

Em seguida, outro dispositivo legal, a instrução normativa IN nº 04/2011 proposta pelo IBAMA, estabeleceu exigências mínimas e norteou a elaboração de projetos de recuperação de áreas degradadas, além de distinguir dois tipos de PRAD (PRAD e PRAD simplificado), aplicados conforme cada caso. Esse instrumento legal é um documento que reúne informações, diagnósticos, levantamentos e estudos capazes de avaliar a degradação e definir as devidas medidas para recuperação ambiental (IBAMA, 2011).

O PRAD deverá se fundamentar nas características bióticas e abióticas da área analisada, a fim de propor técnicas e métodos que inibem ou reduzem os agentes de degradação, de forma a assegurar a resiliência da vegetação e a sucessão secundária para promover medidas que assegurem a recuperação da área degradada, em especial a condução da regeneração natural de espécies nativas (ICMBIO, 2014).

Segundo Almeida (2016, p. 142), esse processo é complexo, demorado, demanda muitos recursos, tornando-o caro, e requer múltiplos conhecimentos relacionados à área, tanto do seu histórico como das características ambientais que ocasionam (ou ocasionarão) o distúrbio. Para o sucesso de um PRAD “é preciso conhecer o passado, analisar o presente e planejar o futuro das áreas a reabilitar”.

5.4 Técnicas

A desativação de áreas ocupadas por lixões ou vazadouros, muitas vezes, é feita sem critérios técnicos. Órgãos públicos responsáveis pela atividade do local, apenas realizam o encerramento da disposição de resíduos, fechamento e abandono da área. Entretanto, os resíduos aterrados ou dispostos sobre o solo ainda permanecem, provocando malefícios ao ambiente e a saúde humana, até cessar as atividades biológicas no interior do maciço de

resíduos (FEAM, 2010). Por isso, de acordo com a NBR 13.896/1997 da ABNT, o monitoramento desses locais deve prolongar-se, pelo menos, por mais 20 anos após o seu encerramento (NBR, 1997).

Em função do grande potencial de ocorrência de problemas ambientais causados por esses locais, se torna urgente que os municípios recorram às técnicas que minimizem os processos de degradação da área para que seja possível o retorno das características anteriores aos impactos ocorridos na área. A seguir, serão apresentadas as principais técnicas utilizadas para a recuperação de áreas degradadas, termos estes que geram confusão e muitas vezes são erroneamente utilizados como sinônimos, são eles: recuperação, reabilitação, restauração e remediação.

- Recuperação

O termo Recuperação visa o retorno do sítio degradado a uma forma de utilização, que será possível por meio de um plano preestabelecido para o uso do solo, até que se alcance uma condição estável ao meio ambiente (Decreto Federal, 1989). Esse decreto vai de encontro ao estabelecido pelo pela Lei nº 9.985/2000, em seu Art. 2º, que conceitua recuperação como a “restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada a uma condição não degradada, que pode ser diferente de sua condição original” (BRASIL, 2000). Em síntese, o processo de recuperação de áreas contaminadas objetiva a adoção de ações corretivas nas áreas, que possibilitem recuperá-las visando à utilização dessa área para um determinado uso.

A recuperação ambiental deve ser realizada em lixões ou vazadouros como forma de minimizar os impactos negativos da disposição dos resíduos sólidos diretamente ao solo, o que configura inúmeros danos ao ambiente e à saúde. Teoricamente, essa recuperação envolve a remoção total dos resíduos depositados, transportando-os para um local adequado, o aterro sanitário, e posteriormente recuperar a área escavada com deposição de solo natural da região. Contudo, o que mais se observa é a adoção de uma série de procedimentos mais simples e econômicos, já que os custos envolvidos nesse processo são elevados. Outras vezes, a área recuperada passa a ser utilizada como aterro, depois de realizada uma série de obras de engenharia, devido às dificuldades de se encontrar locais adequados para a implantação de aterros sanitários (FEAM, 2010).

- Reabilitação

De acordo com Sánchez (2004) e Bitar (1997) o conceito da técnica de reabilitação converge para a ideia de uma recuperação planejada da área degradada a fim de adequá-la a um novo uso. Nas exigências legais, a técnica de reabilitação é conceituada como um conjunto de procedimentos capazes de permitir o retorno da função produtiva da área contaminada ou dos processos naturais, objetivando adequá-la para o uso futuro (ABNT, 1999; CONAMA, 2009).

Para Majer (1989), esse retorno pode se dar através do uso por uma atividade alternativa, e não necessariamente significa apenas reconstituir a vegetação original. Potencialmente, existem diversas formas de reaproveitamento dessas áreas, como por exemplo, a construção de edifícios comerciais ou residenciais, projetos destinados a proporcionar área de lazer à comunidade, como parques de uso público com área verde e quadras esportivas, lagos, museus, dentre outros. Alguns casos de sucesso em âmbito nacional e internacional serão tratados mais à frente.

Em caso de áreas degradadas por resíduos sólidos, a proposta para destinação de um novo uso futuro do local deverá ser definido com base em estudos e na aptidão da área, privilegiando às necessidades da comunidade local, bem como a segurança da saúde humana e do meio ambiente. O recomendado é priorizar a implantação de espaços abertos que proporcionem lazer, assim o acesso livre beneficiaria a comunidade no geral, permitindo usufruir de áreas verdes, praças esportivas e entretenimento, o que traz diversos benefícios psicológicos, sociais e físicos. Oposto a isso, é desaconselhável a construção de edificações fechadas sobre os depósitos de lixo desativados, devido ao risco de infiltração de gases como o metano que possui alto poder combustível e explosivo (FEAM, 2010).

- Restauração

A legislação brasileira menciona que o objetivo da restauração é a “*restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada o mais próximo possível da sua condição original*” (BRASIL, 2000). O conceito do termo é muitas vezes equivocado ao tratar como uma obrigatoriedade do retorno da área ao seu estado original, pois na prática o sucesso disso é praticamente inatingível, tendo em vista que obter o retorno de todos os aspectos relacionados ao estado original da área, é tecnicamente e economicamente questionável (RIBEIRO, 2015; TAVARES 2015).

Portanto, a escolha da técnica ideal para a recuperação de uma área degradada pela disposição inadequada de resíduos sólidos, encerrada suas atividades, não é simples. Deve ser

pautada em estudos prévios detalhados do local, o qual aborda um diagnóstico ambiental capaz de contemplar importantes dados e informações das características ambientais da área, por exemplo, características físicas e bióticas do meio contaminado, agentes contaminantes, histórico e localização da área, tempo e recursos desprendidos.

Para melhor entendimento dos conceitos abordados acima, a Figura 3 ilustra de forma clara a aplicação das técnicas de restauração, recuperação e reabilitação.

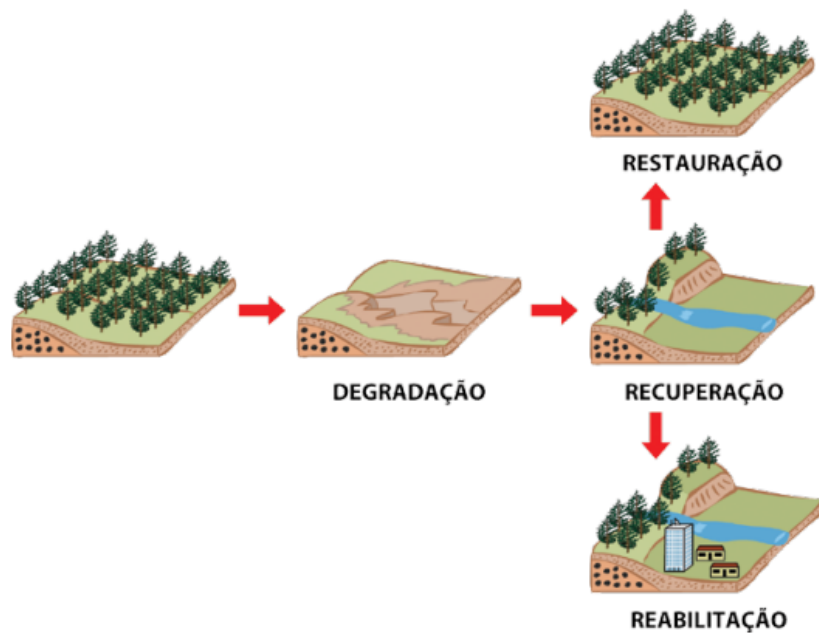


Figura 3. Ilustração da aplicação das técnicas de Recuperação de Áreas Degradadas (RAD).

Fonte: RIBEIRO, 2015 *apud* Apresentação “Recuperação de Áreas Degradadas” da professora Nilza de Lima Pereira Sales -ICA-UFGM.

- Remediação

A remediação compreende um conjunto de técnicas auxiliares utilizadas em uma ou mais fases da implementação das técnicas de recuperação e/ou reabilitação e/ou restauração, a fim de anular os efeitos nocivos da fonte de contaminação da área degradada (CONAMA, 2009; CETESB, 2001).

Há três técnicas de remediação de solos contaminados, são elas: *in situ*, *on site* e *ex situ*. As técnicas *ex situ*, considerado como similar da *on site* por algumas agências ambientais (CETESB, 2001), possuem grandes riscos ambientais, pois envolvem escavação, manipulação, transporte e armazenamento de materiais contaminados, portanto têm

ocasionado um favoritismo pelas técnicas *in situ* (PROCÓPIO et al., 2009), que consistem no tratamento do contaminante no próprio local. Quando são utilizadas plantas como agentes despoluidores, dá-se o nome de fitorremediação (CUNNINGHAM et al., 1996).

O termo “fitorremediação” foi criado pela Dra. Raskin em 1994 (RASKIN et al., 1994) e atualmente é uma técnica em ascensão dentre os tratamentos biológicos de remediação de áreas contaminadas. Utiliza-se de diversas espécies vegetais capazes de reduzir a toxicidade do solo através da captura dos contaminantes presentes ali, acumulando-o ou transportando-o para sua biomassa, ou seja, suas raízes e folhas (BRAGA JR, 2020), aplicável tanto para compostos inorgânicos como para compostos orgânicos (CETESB, 2001). No Brasil e em diversas partes do mundo, os solos que são contaminados com metais pesados provenientes de deposição inadequada de RSU, têm optado pelo uso dessa técnica, devido ao baixo custo de implantação (PROCÓPIO et al., 2009).

5.4.1 Uso das técnicas em casos relevantes no mundo

I. Âmbito Internacional

O antigo aterro sanitário de Beirolas, localizado em Lisboa, operou entre 1985 e 1990 numa área de 17 hectares com 15 metros de altura. O funcionamento do depósito de resíduos acima do tempo previsto causou problemas em seu sistema de drenagem de lixiviados e biogás, além de instabilidade nos taludes. Para a recuperação do local, optou-se pela técnica de reabilitação, dando espaço ao que atualmente é o Parque Urbano do Tejo. O preparo do local para receber o parque deu-se mediante as seguintes etapas: suavização dos taludes para proporcionar estabilidade - utilizando solo contaminado por hidrocarbonetos retirado de uma refinaria de petróleo que funcionava nas proximidades - extração e tratamento dos lixiviados e biogás, confinamento dos resíduos por meio de barreira impermeabilizante, instalação de sistema de drenagem das águas superficiais e por fim, aplicação de camadas de terra vegetal para o plantio de vegetação (BARROS, 2011).

Um dos primeiros parques de Hong Kong foi instalado sobre um antigo depósito de resíduos sólidos que funcionou entre os anos de 1978 a 1981. O antigo Sai Tso Wan Landfill ocupava uma área de 2 hectares que recebeu aproximadamente 1,6 milhões de toneladas de resíduos sólidos com espessura máxima de 65 metros. Em 2004 o atual Sai Tso Wan Recreation Ground foi inaugurado com campos polidesportivos, parque infantil e pista de *jogging*. As providências tomadas para a devida reabilitação do local incluíram: a adição de uma camada final de cobertura para a prevenção de vazamentos, um sistema de controle de

gás metano, um sistema de gerenciamento de lixiviados e um sistema de drenagem, além da instalação de poços de monitoramento. O parque é auto suficiente energeticamente pois gera energia elétrica a partir da combustão do gás metano, das turbinas eólicas e dos painéis solares (ENVIRONMENTAL PROTECTION DEPARTMENT, 2009; WEBCOIST, 2009).

II. Âmbito Nacional

- Recuperação

O lixão de Varginha - MG, operado por 27 anos (1990-2017), passou por um processo de recuperação em 2018 devido a problemas como falta de drenagem adequada de lixiviados, biogás e de águas pluviais, além da desconfiguração geométrica do maciço de resíduos e ausência de recomposição vegetal dos taludes. Para prosseguir com a proposta de recuperação do lixão, inicialmente, foi estimado a quantidade de resíduos dispostos, bem como a geração e tratamento de líquidos lixiviados, para então prosseguir com as medidas de controle operacional e ambiental, são elas: remoção dos resíduos, recomposição de muro de divisa, reconfiguração geométrica do maciço e selamento, drenagem e tratamento de líquidos e lixiviados, drenagem de biogás, drenagem de águas pluviais, recomposição vegetal e monitoramento ambiental (controlar e avaliar a existência de passivo). O valor estimado dessa proposta foi de 2,5 milhões (CATAPRETA, 2022).

Para uma reconfiguração geométrica adequada do maciço, as bermas de equilíbrio foram reduzidas de 5 metros para 3 metros com inclinação dos taludes 1:1,5 m (H:V) incluindo um movimento estimado de 29 mil m³ de RSU para o retaludamento, sendo uma parte destinada para o preenchimento no próprio maciço e o restante para criação de uma plataforma no topo desses resíduos. Também foram instalados 5 poços para realizar o monitoramento ambiental semestral/bimestral das águas subterrâneas e superficiais, além dos líquidos lixiviados no intuito de controlar o que é encaminhado para ETE (Estação de tratamento de esgoto). Houve também o monitoramento geotécnico para controle da estabilidade do maciço por meio da instalação de piezômetros e medidores de recalques, monitorados mensalmente (CATAPRETA, 2022).

O primeiro projeto de recuperação de biogás de aterro no Brasil ocorreu no Aterro Sanitário Bandeirantes, na cidade de São Paulo, utilizando-o para aproveitamento energético. O local funcionou por 28 anos (1979-2007), serviu de destinação para aproximadamente 35 mil toneladas de lixo em uma área de 140 hectares e aproximadamente 100 metros de altura (SILVA; CAMPOS, 2008). No entanto, em 2005 passou a atuar como usina de geração de

energia para exploração de gás do Aterro Sanitário. Até 2009 o aterro deixou de emitir 190.000 toneladas de gás metano na atmosfera (OLIVEIRA, 2015).

O aterro Bandeirantes foi projetado e construído de acordo com as normas estabelecidas pela ABNT, o que propiciou a construção da estação de tratamento de gás bem como a usina de energia, descritas como "Usina de Geração" (GOMES, 2013). Dessa forma, o gás do aterro é extraído e transportado das células até a Usina Termelétrica Bandeirantes por meio dos 275 poços de captação do gás metano. A rede de tubulação suga o gás captado, ainda impuro e particulado, para seguir com os processos de tratamento, resfriamento e então é aquecido e pressurizado para finalizar com a queima, como combustível, por um conjunto de 24 moto-geradores com capacidade nominal de produzir 22 megawatts/hora de energia elétrica, capacidade para abastecer 400 mil habitantes (OLIVEIRA, 2015).

- Reabilitação

O antigo Incinerador Pinheiros, ativo por 40 anos (1949-1989) era responsável pela queima diária de cerca de 200 toneladas de lixo, dentre resíduos domiciliares e de saúde, é hoje a Praça Victor Civita, situada na cidade de SP. O projeto de reabilitação de áreas degradadas foi inaugurado em 2009 numa área de aproximadamente 14.000 m². O local reúne diversas atrações, como museu, oficina de educação ambiental, centro de pesquisa, arena para eventos, dentre outros (VITRUVIUS, 2009). O total gasto no projeto da Praça foi de 10 milhões de reais (REVISTA VEJA, 2008).

A partir de 2002 diagnósticos ambientais foram realizados na área do Incinerados a fim de verificar o nível de contaminação no local. As amostras de solo e de água demonstraram valores de diversos elementos químicos acima do estabelecido pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb), como chumbo, arsênio, selênio, entre outros. Já as amostras da vegetação local não apresentaram riscos, considerando o estipulado pela Organização Mundial da Saúde (OMS), no entanto, as espécies existentes - batata e aipim - foram incineradas e retiradas (MORINAGA, 2007).

Em virtude dessas prospecções, parte do terreno foi coberto por uma camada de 50 cm de solo sadio e nos demais pontos, considerados perigosos, foi instalado *decks* distantes do solo para que as pessoas não tivessem contato com o solo original. Devido a existência de depósitos de cinza, próximos ao prédio do incinerador, foram realizadas medidas de controle de engenharia com métodos de contenção dos contaminantes e monitoramento (LEVISKY, 2021). Na área verde do parque foram construídos canteiros elevados com manta de borracha

e sistema de auto irrigação, com acesso restrito, apenas contemplativo. Houve também a remediação das instalações do prédio mediante a remoção dos revestimentos internos e a raspagem do forro e dos pilares de concreto com implantação de novo revestimento (BARROS, 2011).

Em síntese, os projetos de reabilitação de áreas degradadas sintetizam uma pequena parcela dos espaços degradados que atualmente dão lugar a espaços de caráter público, usufruído por boa parte da comunidade que os cercam, requalificando não apenas o espaço, mas também, a vida dos usuários, através da promoção de saúde, lazer e educação.

- Restauração

No antigo aterro de São Mateus, em Itaquera, inativo desde 1985, foi realizado um projeto de restauração ecológica em 2006. O local recebeu cerca de um milhão de toneladas de resíduos sólidos em uma área de 250.000 m² (LEITE, 2005). Apesar das análises laboratoriais das amostras de solo coletadas apresentarem altos teores de manganês, cloro, chumbo e níquel, superiores aos limites recomendados pela Cetesb, não era impeditivo ao plantio de espécies florestais nativas com fins à restauração ecológica do aterro. Dessa forma, prosseguiu-se com a implantação, adensamento, enriquecimento e condução da regeneração natural das bordas dos fragmentos de mata, estendendo-se para as áreas abertas (BARROS, 2011).

No ano de 2005 realizou-se a catalogação das espécies de flora e fauna existentes no entorno da área, o resultado obtido foram 212 e 109 espécies, respectivamente. Priorizou-se o plantio das espécies arbustivas-arbóreas nativas levantadas e recomendado o não uso de espécies frutíferas, além de seguir com análises periódicas dos metais pesados nos tecidos vegetais dos exemplares plantados. Após análises na área do antigo aterro em 2010, constatou-se que não havia mais exposição de resíduos na área e que o líquido encontrado no aterro não correspondia ao chorume e sim, decorrente da decomposição vegetal. No entanto, análises de migração de gás metano e de contaminantes em águas subterrâneas ainda são recomendadas por técnicos especialistas (BARROS, 2011).

Importante destacar que o termo restauração não deve ser utilizado como sinônimo de reflorestamento ou revegetação, e que atingir essa condição de retorno do ambiente conforme era antes, é uma tarefa difícil, ainda mais quando se trata de áreas degradadas por resíduos sólidos, como é o caso analisado anteriormente.

6 MATERIAIS E MÉTODOS

6.1 Área de Estudo

O objeto de estudo deste trabalho é o lixão do município de Alto Paraíso de Goiás (Figura 4). A área de estudo tem aproximadamente 7 hectares e está localizada às margens da rodovia estadual GO-118, sobreposta à rodovia federal BR 010. A área encontra-se no município de Alto Paraíso de Goiás ($14^{\circ} 8' 1'' S$ e $47^{\circ} 31' 17'' O$), na região nordeste do Estado de Goiás. O município representa cerca de 28% da área total da Área de Proteção Ambiental (APA) de Pouso Alto, a maior Unidade de Conservação Estadual do Estado de Goiás, localizada na microrregião da Chapada dos Veadeiros (SECIMA, 2016).

Localizado a 230 km de Brasília-DF, o acesso ao município é feito pelas rodovias BR 010 e GO-118. No ano de 2021 a população estimada no município foi de 7.751 habitantes, ocupando uma área de 2.594,998 km² (IBGE, [2010 - 2022]). O lixão está situado a aproximadamente 3 km da sede do município, em área de propriedade da Prefeitura Municipal, e faz divisa com o Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, com coordenadas de $14^{\circ} 6' 13'' S$ e $47^{\circ} 31' 32'' O$. O local está em atividade para depósito de resíduos sólidos há 29 anos, desde 1993.

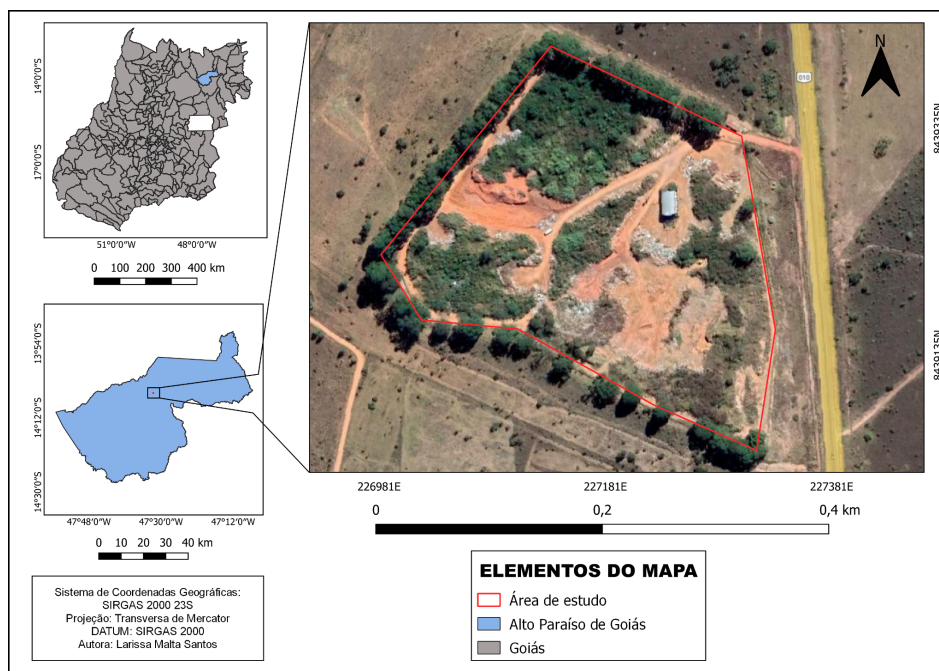


Figura 4: Mapa de Localização da Área de Estudo.

Fonte: Google Earth Pro, 2021 e IBGE, 2021.

6.2 Caracterização do meio físico

6.2.1 Clima

Alto Paraíso é considerada uma das cidades mais altas e frias do estado de Goiás. A classificação do clima no município é AW, de acordo com Köppen Geiger denomina-se clima tropical. Como na maioria do território brasileiro, esse clima possui dois períodos climáticos bem distintos, com predomínio da estação seca no inverno e as chuvas concentradas nos verões. A pluviosidade média anual é de 2.224 mm. A presença do ar seco, que explica os extremos de temperatura, reduz a umidade relativa do ar durante os dias no inverno e parte da primavera, que pode cair para até menos de 15%, alcançando níveis críticos (PORTAL DO TURISMO, [s.d])

De modo geral, pode-se observar que o clima da região predominante apresentam temperaturas elevadas no período de Primavera-Verão e amenas quando no Inverno, em decorrência da dinâmica atmosférica e os diversos fatores geográficos, tais como: posição continental, extensão latitudinal e o relevo (NIMER, 1989).

6.2.2 Hidrografia

A área de estudo está inserida na Bacia do Alto Tocantins, situada na Região Hidrográfica do Tocantins-Araguaia, que configura os divisores de águas e nascentes das bacias dos rios Paranã e Maranhão, afluente mais alto do Rio Tocantins (Figura 5). Esses cursos d'água propiciam o aparecimento de cachoeiras e corredeiras, de extrema importância para o desenvolvimento de atividades turísticas do município (ICMBIO, 2009).

Há aproximadamente 2,5 km a Oeste do lixão corre o Rio dos Couros, limítrofe a poligonal do PNCV. Esse rio deságua no rio Tocantinzinho, um dos formadores do Tocantins. O segundo curso d'água mais próximo da área de estudo – Rio São Bartolomeu - está a leste, a cerca de 3 km de distância do limite do lixão.

Segundo a norma 13.986/97 que estabelece critérios para projetos de aterros de resíduos sólidos não perigosos, os aterros devem ser localizados a uma distância mínima de 200 m de qualquer coleção hídrica ou curso de água (ABNT, 1997). Embora o local para depósito de RSU se encontre à distância superior ao demandado pela norma ABNT, vale ressaltar que a área de estudo trata-se de um lixão, o qual não possui sistemas de contenção de resíduos e de lixiviados capazes de reduzir os danos ambientais.

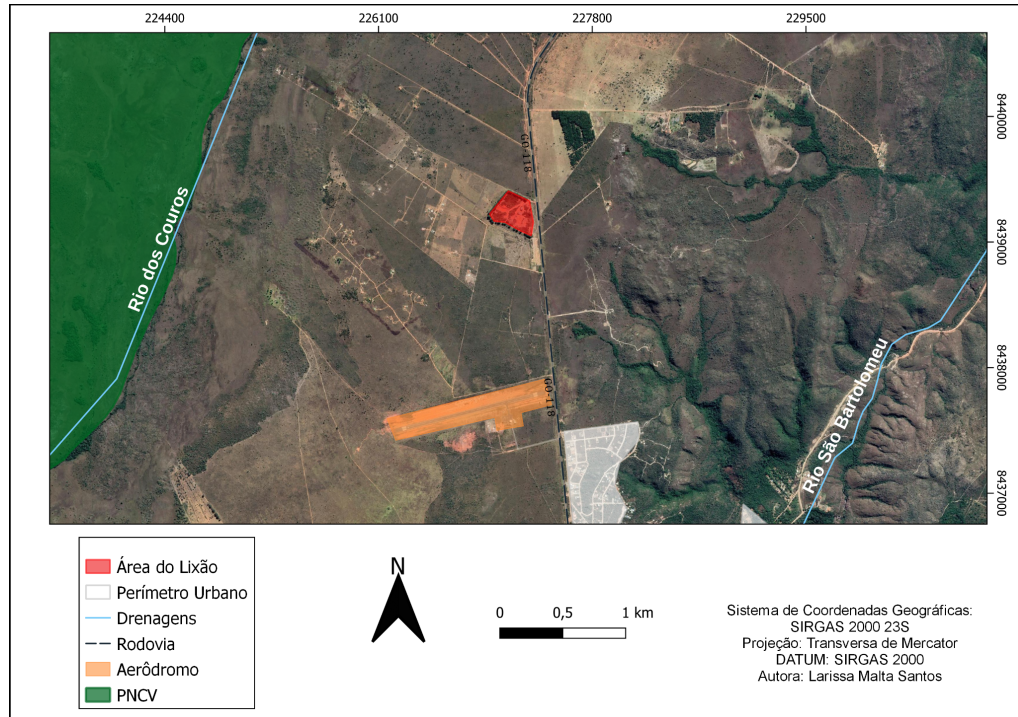


Figura 5. Mapa hidrográfico da região do lixão de Alto Paraíso de Goiás.

Fonte: ANA, 2017.

6.2.3 Geologia

Na área de estudo predominam litotipos predominantemente arenosos do Grupo Araí (Figura 6). O Grupo Araí é subdividido em Formação Traíras e Formação Arraias. A unidade geológica do local é caracterizada pela presença de Quartzitos Feldspáticos da Formação Traíras. Essa Formação é constituída por rocha ígnea ou metamórfica (BDIA, 2021).

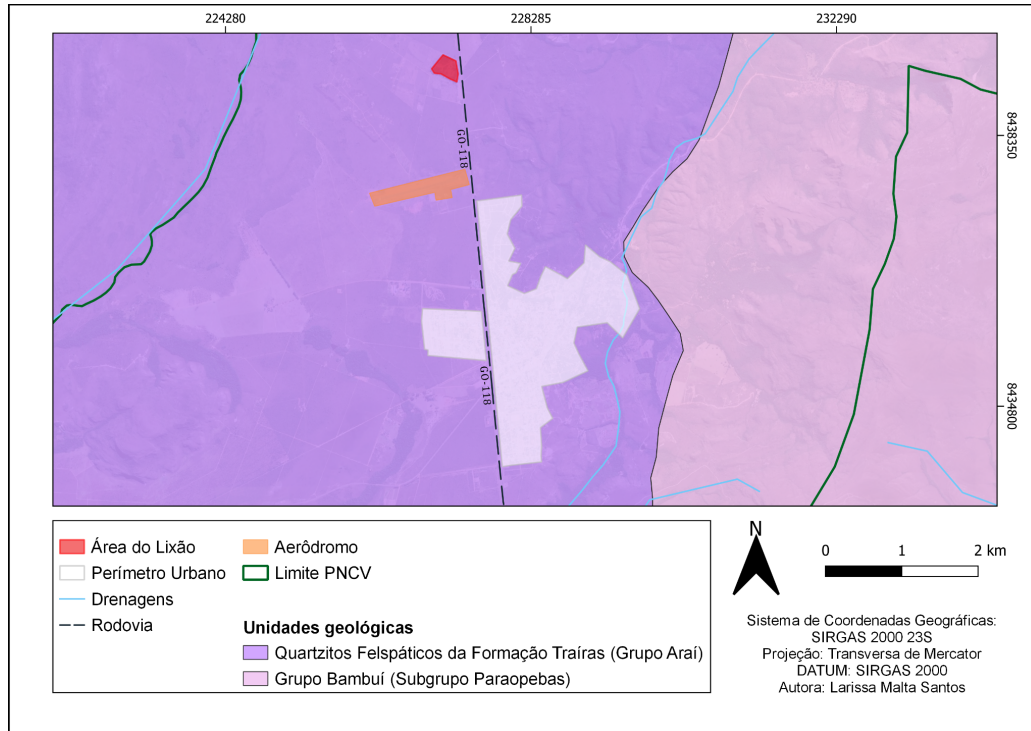


Figura 6. Mapa geológico da região do Lixão de Alto Paraíso de Goiás.

Fonte: CPRM, 2000.

6.2.4 Geomorfologia

A área de estudo está localizada no Planalto Central Goiano, representado por uma unidade constituída de dois grandes blocos planálticos. Essa unidade geomorfológica é caracterizada por relevo elevado, com topos planos limitados por escarpas e serras com prolongamentos que seguem a orientação dos dobramentos. Esta unidade é denominada Complexo Montanhoso Veadeiros-Araí (Figura 7). Nela predominam formas estruturais em dobramentos das rochas do Grupo Araí com cotas que variam entre 300 m e 1670 m e aflora na parte setentrional da Chapada dos Veadeiros. (ICMBIO, 2009; BDIA, 2021).

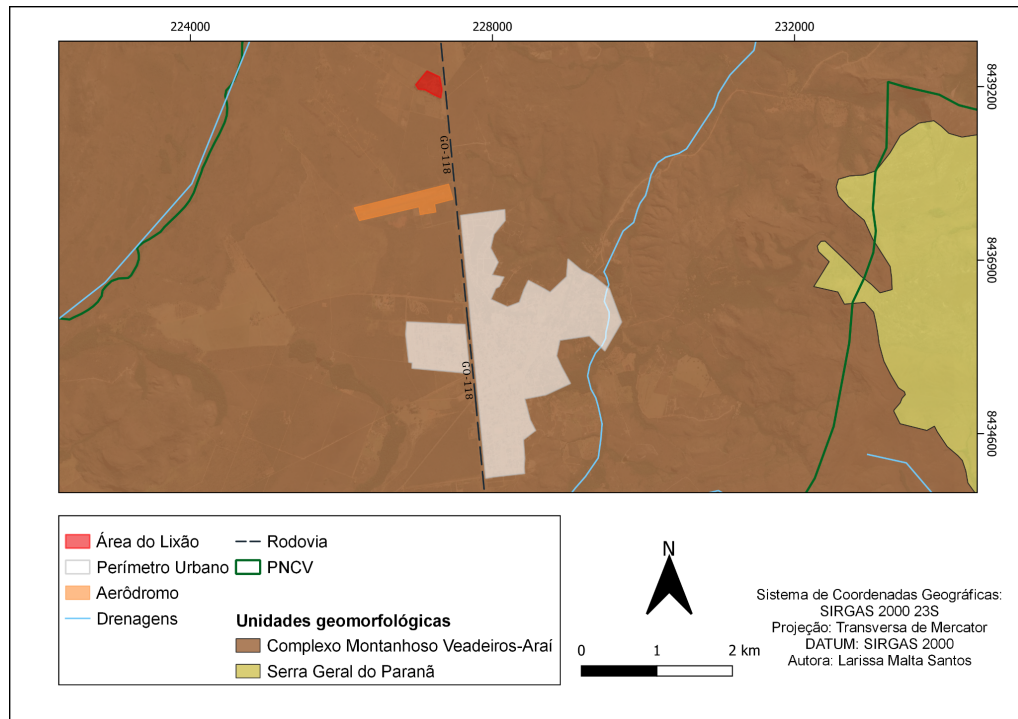


Figura 7. Mapa geomorfológico da região do lixão de Alto Paraíso de Goiás.

Fonte: IBGE, 2021.

6.2.5 Pedologia

Na região de estudo predomina a ocorrência de um Neossolo Quartzarênico (Figura 8). De acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solo (2018), os Neossolos são solos pouco evoluídos, constituídos por material mineral ou por material orgânico com menos de 20 cm de espessura, não apresentando horizonte B diagnóstico.

Os Neossolos Quartzarênicos são originados de materiais geológicos naturalmente enriquecidos de quartzo, gerados da decomposição de arenitos e quartzitos. Apresentam textura areia ou areia franca em todos os horizontes, com teor de argila inferior a 15%. São essencialmente quartzosos, tendo, nas frações areia grossa e areia fina, 95% ou mais de quartzo, calcedônia e opala e praticamente ausência de minerais primários alteráveis (menos resistentes ao intemperismo) (EMBRAPA, 2018).

São solos geralmente muito profundos, ultrapassando os 2 m de profundidade. Apresenta horizonte A (superficial) com baixos teores de matéria orgânica sobre um horizonte muito pouco desenvolvido, hz C, rico em quartzo. A estrutura desses solos é fraca, pouco coerente e constituída basicamente de grãos e areia. A presença de quartzo nas areias confere ao solo elevada suscetibilidade à erosão, drenagem excessiva, alta porosidade devido a

presença de macroporos, baixa retenção de água pelo solo, elevada taxa de infiltração, portanto alta permeabilidade (SPERA et al, 1999).

Em virtude das características desse solo, é evidente a necessidade de mantê-lo coberto sempre que possível, especialmente, no início das chuvas, devido à sua alta capacidade de drenagem que somada à baixa declividade do terreno local, irá favorecer um fluxo predominantemente vertical do lixiviado na área do lixão.

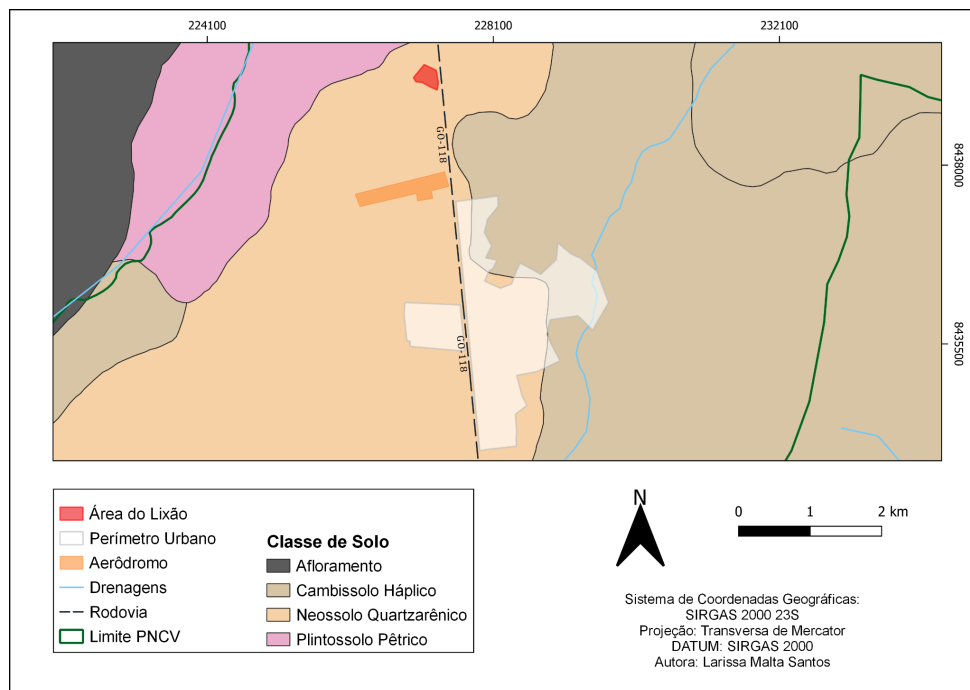


Figura 8. Mapa pedológico da região do lixão de Alto Paraíso de Goiás.

Fonte: IBGE, 2021.

6.3 Caracterização do meio biótico

6.3.1 Flora

O município de Alto Paraíso de Goiás encontra-se como um grande remanescente do bioma Cerrado. A flora da região é composta basicamente por fitofisionomias, entre elas Savana Arborizada (campo cerrado), Savana Gramíneo-Lenhosa (campo limpo) e Savana Parque (campo sujo). Como demonstra na Figura 9, a vegetação que ocorre na área do lixão é a savana gramíneo-lenhosa (campo limpo). Segundo Ribeiro e Walter (2021) essa tipologia campestre é constituída por uma camada rasteira de vegetação herbácea com ausência de árvores, dentre as espécies mais comuns estão, Burmanniaceae (*Burmannia*), Cyperaceae

(*Rhynchospora*), Droseraceae (*Drosera*), Iridaceae (*Cipura*, *Sisyrinchium*), Lentibulariaceae (*Utricularia*), Lythraceae (*Cuphea*), Orchidaceae (*Cleistes*, *Habenaria*, *Sarcoglottis*), Poaceae (*Aristida*, *Axonopus*, *Mesosetum*, *Panicum*, *Paspalum*, *Trachypogon*) e Polygalaceae (*Polygala*).

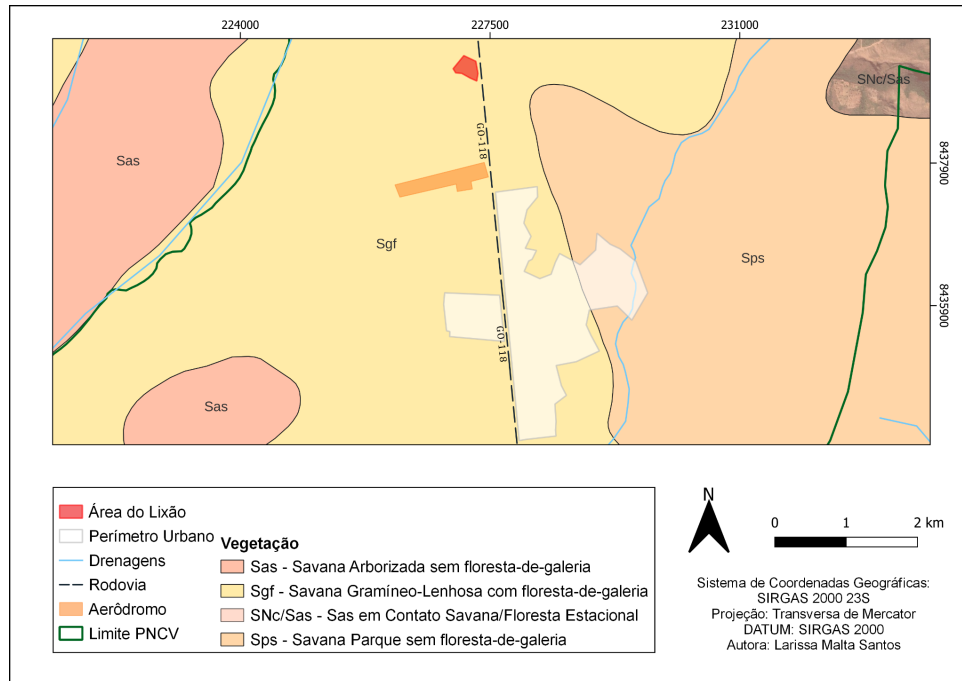


Figura 9. Mapa de vegetação na região do lixão de Alto Paraíso de Goiás.

Fonte: RADAM, 2018.

6.3.2 Fauna

Na área, o grupo de mamíferos com a maior riqueza de espécies é o dos morcegos, em seguida dos roedores (MARINHO-FILHO et al. 2002 *apud* ICMBIO, 2009). Dentre os mamíferos de médio e grande porte, o lobo guará e o veado campeiro são algumas das espécies ameaçadas de extinção, capazes de interagir em habitats alterados. Além disso, o Cerrado favorece a existência de uma composição avifaunística bastante rica. Em áreas antropizadas, como é o caso da área de estudo, e centros urbanos, algumas espécies sinantrópicas são favorecidas, como urubus, gaviões e bem-te-vis (ICMBIO, 2009).

6.4 Caracterização dos resíduos sólidos urbanos

Inexiste impermeabilização superior dos resíduos depositados no local. Os resíduos são descarregados diretamente no solo e encontram-se expostos, em formas de pilhas, sem

qualquer recobrimento e compactação (Figura 10). Resíduos de construção civil, móveis, pneus, eletrônicos e galhadas são exemplos de resíduos depositados erroneamente no local. Fato esse que comprova a falta de controle e fiscalização sobre a origem, classificação ou periculosidade dos materiais descartados.



Figura 10. Disposição de resíduos sólidos no lixão a céu aberto do município de Alto Paraíso de Goiás - GO.

De acordo com a relatoria da associação Reciclealto (2021), a média dos resíduos sólidos urbanos gerados pela população do município de Alto Paraíso de Goiás foi de 3.354 toneladas no ano de 2021, com geração *per capita* estimada de 0,43 ton/hab. Considerando que 40% representam os recicláveis (aproximadamente 1.341 ton), a associação foi responsável pela reciclagem de 28,27% do total dos resíduos recicláveis, o que corresponde a um volume de 379,22 toneladas que deixaram de ser destinados ao lixão municipal. Esse volume equivale ao maior número já registrado desde o início do contrato em 2014 (Gráfico 1).

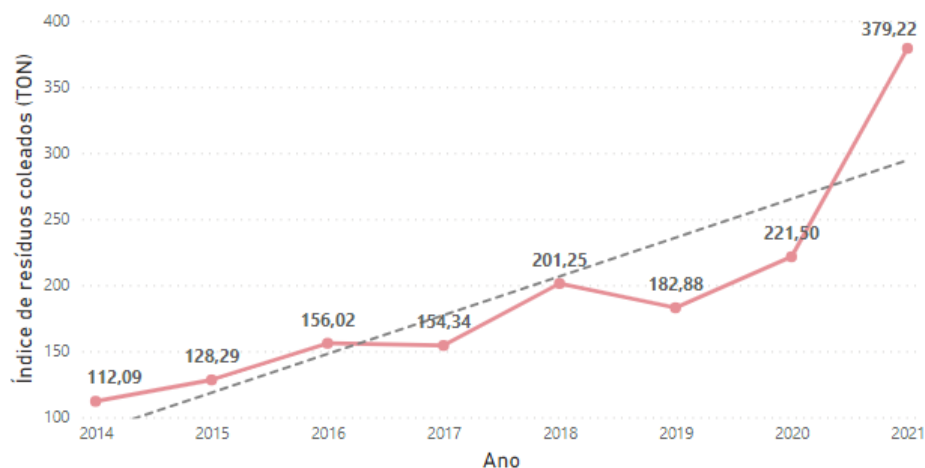


Gráfico 1. Progressão da destinação de materiais recicláveis no município de Alto Paraíso de Goiás - GO.

Fonte: Reciclealto, 2021 (adaptado).

Dentre os materiais coletados pela Reciclealto, estão: plástico, papel/papelão, sucata e vidro (Gráfico 2). A coleta de vidro iniciou apenas em 2021 por meio de uma parceria da Reciclealto com a empresa TAMPEC (Green Mining), dentro da lógica da logística reversa de embalagens de vidro.

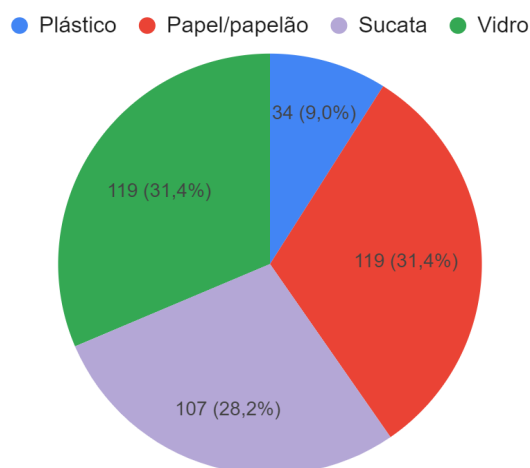


Gráfico 2. Comparação da tipologia dos resíduos reciclados em 2021. Valores em toneladas e porcentagem.

Fonte: Reciclealto, 2021 (adaptado).

Após realizada a triagem, os rejeitos que a Instituição coleta ou recebe em meio aos materiais recicláveis são enviados ao lixão municipal, chegando ao volume semanal de 3 toneladas. Ou seja, em 2021, 144 toneladas de rejeitos foram depositadas no lixão pela Reciclealto. Isso, sem considerar todo o restante gerado pelo município que não é recolhido pela Instituição, totalizando 2.831 toneladas nesse mesmo ano, dentre resíduos orgânicos e recicláveis. Ao todo, pode-se inferir que 2.975 toneladas foram dispostas no lixão e, eventualmente, no ambiente (RECICLEALTO, 2021).

De acordo com a Secretaria Municipal de Meio Ambiente, o local proíbe a presença de catadores no lixão, no entanto foi mencionado no relatório da Reciclealto (2021) que 107 ton, das 379 ton totais recicladas pela associação, correspondem a sucatas recolhidas dentre vários lugares, no próprio lixão.

7 PLANO DE RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA

Em linhas gerais, a área do lixão compreende cerca de 7 hectares, o qual recebe anualmente cerca de 2.975 toneladas, dentre rejeitos, orgânicos e recicláveis por sua população residente de 7.751 habitantes. O solo é classificado em neossolo quartzarênico, a unidade geomorfológica se encontra em um planalto, a geologia situa-se na Formação Traíras (Grupo Araí) e os corpos hídricos superficiais mais próximos distam cerca de 3 km.

Para efeito de proposta neste trabalho o lixão classifica-se como Área Contaminada (AC) por se tratar de uma fonte de contaminação primária (CETESB, 2001). Essa classificação considera tanto as formas de disposição dos resíduos como a interação dessa fonte de contaminação com as características intrínsecas do meio físico local onde a permeabilidade do solo é alta e o relevo é plano, a distância para os córregos e rios é razoável.

Atendendo as exigências mínimas solicitadas pela CETESB, segundo o Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas (2001), respaldando-se no Caderno Técnico de Reabilitação de Áreas Degradadas por Resíduos Sólidos Urbanos da Fundação Estadual do Meio Ambiente - FEAM (2010), será apresentada as etapas e ações envolvidas para o processo de recuperação da área degradada para o objeto do estudo, lixão de Alto Paraíso de Goiás.

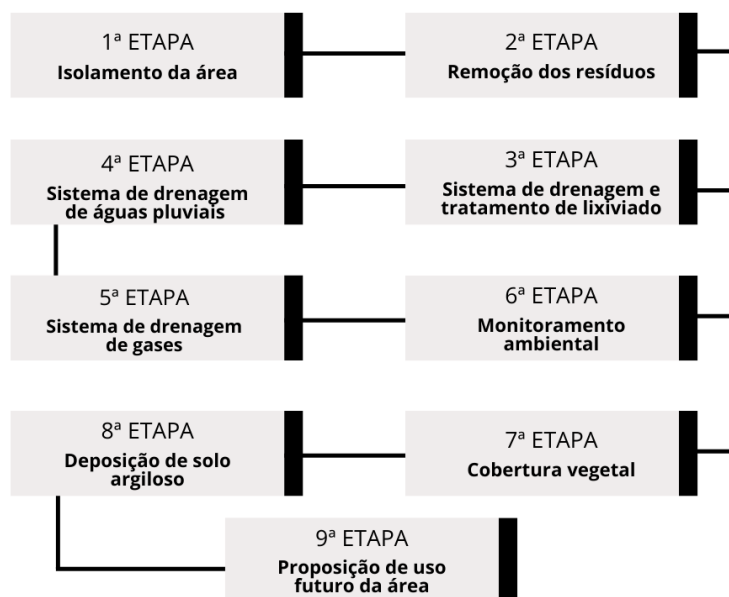


Figura 11. Fluxograma de execução das etapas para a recuperação da área degradada.

- Isolamento físico da área

O local possui livre acesso a veículos e pessoas, não há nada que impeça a entrada e não há seguranças no local. As cercas de arame que circundam a área se encontram em condições precárias e frágeis, muitas vezes danificadas. O devido isolamento físico da área será necessário durante todo o processo de reabilitação da área na expectativa de cessar a atividade do lixão e impedir o acesso de catadores ou moradores, bem como impedir a entrada de animais.

- Limpeza da área e remoção total dos resíduos depositados

A limpeza da área é a primeira etapa a ser realizada que consiste na retirada da vegetação rasteira e pequenos arbustos existentes, que nascem nas células de resíduos já depositadas dando falsa impressão de uma área saudável. Em seguida é realizada a remoção por completo dos resíduos depositados. O local para despejo desse material deverá ter características operacionais (lançamento, compactação, etc.) superiores às do depósito original, como é o caso de um aterro sanitário.

Apesar dessa técnica ser a mais cara, é a mais eficiente e ainda viabiliza a reabilitação da área. A escolha dessa alternativa também leva em conta a inexistência de ensaios geotécnicos que constatassem controle rigoroso no local em que havia recebido impermeabilização de base, em 2003.

- Sistema de drenagem de águas pluviais

A implementação desse sistema permite conter a água das precipitações pluviais e parte da água superficial drenada na área para conduzi-las às drenagens naturais, geralmente ocorre por uma rede de canaletas. Esse sistema contribui para a diminuição do escoamento de água para a estrada que dista apenas 50 metros do lixão, bem como eliminar o acúmulo de líquidos com características de chorume, representando um importante sistema para a drenagem do local.

- Sistema de drenagem e tratamento de lixiviado

Foi demonstrado anteriormente o surgimento de uma lagoa de chorume no local, isso comprova a ausência desse sistema. A grande massa de resíduos já disposta no local impede a implantação de uma rede de drenagem na base do maciço. Nesse caso, a proposta para

implantação do sistema é construí-lo ao redor do maciço. Esse sistema é caracterizado como “dreno cego”. Retira-se a cobertura de terra preliminar do talude para cavar uma valeta de aproximadamente 60 cm de altura e 60 cm de largura, depois coloca-se a geomembrana de PEAD de 1mm de espessura na base e nas paredes da valeta, a fim de evitar que a água da chuva percole até os drenos aumentando a quantidade de chorume. Para evitar a colmatção (entupimento) dos drenos utiliza-se a manta geotêxtil (BIDIM) como envoltória e cobertura superior. Acima da valeta recomenda-se utilizar capim seco para evitar entupimento dos drenos e facilitar a percolação do chorume.

- Sistema de drenagem de gases

No aterro não houve instalação de drenos de gases. A tendência é que os gases escapem por trincas na superfície do aterro ou fiquem aprisionados no interior do maciço de resíduos, podendo provocar acidentes explosivos. Os gases são decorrentes do processo de biodegradação dos resíduos orgânicos por meio de microrganismos sob condições anaeróbicas. Por se tratar de emissões de GEE (Gases de Efeito Estufa) são extremamente prejudiciais e portanto, é necessário a instalação de um sistema para drenagem desses gases.

Dessa forma, propõe-se a implantação de drenos de gás a serem construídos a partir de uma profundidade de pelo menos 3 metros abaixo da superfície do maciço, devido à instabilidade da massa de resíduos, se construído a partir da base do lixão. Os drenos consistem em um tubo central de PEAD perfurado, envolto por uma camada de pedras marroadas, ao redor das pedras usa-se uma tela de aço soldada, tipo telcon, para proporcionar maior sustentabilidade e conformação ao dreno. A tampa do dreno é feita de concreto, no seu ápice é instalado um flaire de aço para a “queima” dos gases coletados.

- Monitoramento ambiental

Mesmo encerrada as atividades do lixão, os resíduos aterrados ainda permanecem em processo de decomposição por longos períodos de tempo, suficiente para o maciço de lixo alcançar as condições de relativa estabilidade, portanto o local ainda necessita de constante acompanhamento e monitoramento. De acordo com a norma vigente, o tempo mínimo de monitoramento das águas subterrâneas, após o término da atividade, são 20 anos (ABNT, 1997).

Essa etapa é realizada paralelamente a remoção dos resíduos, consiste no monitoramento do solo e da drenagem pluvial para o controle e gerenciamento qualitativo e quantitativo das águas subterrâneas. O papel do monitoramento é acusar a influência de uma determinada fonte de poluição presente nas águas ou detectar alguma instabilidade geotécnica, no caso do maciço. Para a concretização dessa etapa será necessário a instalação de um conjunto de poços distribuídos estrategicamente no local. De acordo com ABNT (1997), o monitoramento das águas subterrâneas deverá ser realizado por, pelo menos, um poço a montante e três a jusante do empreendimento, considerando o fluxo das águas subterrâneas.

- Deposição de solo argiloso

Caso a avaliação nos compartimentos ambientais não tenha averiguado a ocorrência de contaminação na área, haverá a deposição e selamento com solo argiloso (teor de argila maior ou igual a 25%). Esse solo é indicado para áreas degradadas por resíduos sólidos pois contribuem para a minimização da infiltração de água para o subsolo. Suas características como espessura, impermeabilidade e homogeneidade, garantem a melhor escolha para a deposição de solo nessas áreas.

- Cobertura vegetal

A cobertura vegetal será realizada após a deposição do solo argiloso, por meio de espécies nativas do cerrado nas áreas em que não haverá a destinação futura (reabilitação), descrita no tópico seguinte. Cerca de 3 hectares dos 7 existentes receberão o plantio de espécies arbustivas para melhoria do aspecto visual e paisagístico, priorizando aquelas com potencial fitorremediador. Para a manutenção desta cobertura vegetal é recomendado o combate a pragas e o replantio nas áreas em que houve perda da muda, ou então que sofreram podas constantes, em especial na época de chuva que o crescimento é rápido.

- Proposição de utilização futura da área

À medida que o lixão se comprovar um local estável, com níveis de contaminação abaixo do estipulado por órgãos ambientais, é recomendável a utilização da área para outros fins, considerando que os resíduos confinados estarão totalmente mineralizados e incorporados ao solo como um todo. No entanto, os sistemas instalados no local: drenagem das águas pluviais, de tratamento dos gases, de coleta e tratamento dos lixiviados e de

monitoramento da qualidade do solo e da água subterrânea, deverão ser mantidos por período definido pelo órgão ambiental, em função das características locais.

A proposta para o uso futuro da área pauta-se na técnica de reabilitação. Considerando os aspectos sociais, ambientais e políticos, inúmeros são os benefícios proporcionados por essa técnica, em especial a devolução de um ambiente praticamente inóspito à própria comunidade, de forma segura e sadia. Essa técnica proporciona a re-inserção da área recuperada na vida social da comunidade afetada, a integração do ambiente à paisagem do entorno e às necessidades da comunidade local, por meio da participação dos habitantes na definição do uso da área. Adiante será descrita a proposta de reabilitação para a área de estudo.

8 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Finalizada as etapas de recuperação mencionadas acima, segue-se para a proposta de um projeto para o uso futuro da área, por meio da técnica de reabilitação.

O projeto tomou como base 2 premissas consideradas essenciais no desenvolvimento da proposta para o município de Alto Paraíso de Goiás. A primeira premissa, base para todo o projeto, é a sustentabilidade. Desenvolver um ambiente socialmente justo, a ser construído de forma ambientalmente correta, utilizando tecnologias economicamente viáveis, deve permear o objetivo dessa proposta. Portanto, o espaço a ser reabilitado deve prever o uso de fontes alternativas para geração de energia elétrica, como a instalação de painéis fotovoltaicos; o reúso de água pluvial; a reciclagem de materiais; consumo racional de energia e recursos hídricos.

Ainda no que tange a premissa de sustentabilidade, a proposta tem a intenção de destinar um espaço para dar continuidade ao projeto “Reciclar é Preciso” promovido pela Prefeitura de Alto Paraíso junto a Recyclealto, desde 2020. O objetivo é envolver e incentivar a população para a segregação e destinação correta dos resíduos recicláveis. Como recompensa, as pessoas podem trocar os resíduos por alimentos, remédios e bens, dos parceiros inscritos no projeto (restaurantes, mercados, farmácias e outros). Essa ação permite gerar renda à associação e aos estabelecimentos, além de proporcionar a sensibilização e conscientização do valor da matéria prima. Em 2021 o projeto comprou 1.877 Kg de resíduos recicláveis da comunidade e foram investidos nessas compras R\$6.956,76 Reciclados (RECICLEALTO, 2021).

Na mesma linha dessa ação socioambiental, fortalecendo o que preconiza o inciso XVII do Art. 3º da PNRS (2010), que trata da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, haveria também um local destinado ao recolhimento de matérias passíveis de logística reversa³ como é o caso das pilhas e baterias, pneus, óleo lubrificantes, lâmpadas e produtos eletrônicos.

A segunda premissa adotada é o fomento à pesquisa, que é premente e primordial para a adesão do conhecimento. Dada a importância de sempre fortalecer o tripé que sustenta a

³ Consiste em um “Instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada” de acordo com o inciso XII do Art. 3º da Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010 (PNRS, 2010).

universidade: ensino, pesquisa e extensão. Dessa forma, a proposta para a reabilitação do local é a construção de um centro de pesquisa voltado ao estudo de espécies florestais nativas do cerrado com características fitorremediadoras, indicadas para solos degradados. O centro de pesquisa deverá ser projetado com boa ventilação, de modo a evitar o acúmulo de biogás na base ou em seu interior (FEAM, 2010).

A proposta do centro é expandir a Universidade de Brasília (Unb), por meio da UnB Cerrado, de forma a colaborar com a sociedade para a oferta de mais possibilidades de disciplinas e pesquisas, além das já existentes no centro UnB Cerrado. O local busca aprofundar o estudo desses importantes temas de pesquisa que futuramente poderão auxiliar os demais 2.868 municípios que ainda seguem operando seus lixões, a encerrá-los através do uso da técnica de fitorremediação (ABRELPE, 2021, P.23). O centro de pesquisa também será beneficiado com um ambiente externo que proporcione a aplicação das pesquisas desenvolvidas no ambiente interno, como por exemplo uma agrofloresta.

Além disso, é pertinente que o local detenha de um espaço que conte sua história, mostre como um lixão se tornou um ambiente destinado à sociedade. Assim, surge mais uma proposta, a construção de um mini museu que exponha todo o histórico da área do lixão, em que o próprio processo de intervenção e a própria obra fizessem parte do projeto de interação com o público. O objetivo desse espaço é disseminar informações a respeito do processo adotado na reabilitação da área, bem como os materiais e tecnologias utilizadas, servindo como uma ferramenta para a exposição e reflexão do problema ali existente. Além de um alerta às áreas contaminadas e/ou abandonadas, um lugar que antes trazia prejuízo ao meio ambiente foi transformado e trouxe benefícios à comunidade local. O museu poderá ser criado aproveitando a estrutura já existente da usina de triagem.

Por fim, vale destacar que além dessas áreas destinadas ao centro de pesquisa, ao museu de reabilitação e a continuidade do projeto “Reciclar é Preciso”, haverá espaços a serem destinados conforme as principais necessidades da comunidade local. Para alcançar esse objetivo será necessário a integração da população por meio de sua participação efetiva nos processos decisórios, além de pesquisas que levantem informações a respeito das prioridades dos alto-paraisenses, tendo em vista que o objetivo fundamental é integrar a sociedade, ou seja, suprir os anseios e expectativas da população diretamente afetada, por anos, com essa problemática socioambiental.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta de recuperação de área degradada, objeto deste trabalho, poderá subsidiar o município de Alto Paraíso de Goiás na realização dos estudos pertinentes para a elaboração do Plano de Recuperação de Área Degradada para o lixão. Contudo, somente será possível caso haja, primeiramente, a construção de um aterro sanitário. Feito isso, dar-se-á início ao encerramento das atividades do lixão, para então, prosseguir com os estudos para a recuperação ambiental da área, seguido da reabilitação - proposta sugerida no trabalho.

No entanto, para o aprimoramento dessa proposta, deve ser realizada uma investigação confirmatória detalhada nas áreas suspeitas de contaminação a partir de um levantamento de dados primários coletados *in situ*, como amostras de solo e de água, tanto na área de estudo como em área de referência, por exemplo, o Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros (PNCV). A finalidade das análises realizadas nas amostras coletadas é averiguar o real nível de contaminação da área de estudo para subsidiar as ações do órgão gerenciador.

O encerramento dessas áreas de disposição inadequada de RSU, seguido da recuperação e reabilitação resultam em elevados custos, que muitas vezes inviabilizam este processo. Diante do material aqui exposto, especialistas da área de economia poderão contribuir para a elaboração de um cronograma físico-financeiro, componente fundamental de um PRAD.

Visando a redução dos custos de execução do PRAD é vantajoso que haja sinergias na realização do projeto para otimizar a alocação de recursos e tempo. A construção de parceria público-privada pode ser algo favorável para a execução do projeto, pois permite induzir investimento, o que torna atrativo para ambos. A participação da UnB Cerrado, por exemplo, tanto para doação de mudas como para supervisão técnica do projeto, pode ser um meio de baratear os custos na etapa de cobertura vegetal.

Por fim, em vista da conhecida consciência ambiental intrínseca dos habitantes de Alto Paraíso, propõe-se que haja pesquisas a fim de identificar a percepção dessa população, afetada há décadas, quanto ao seu envolvimento e responsabilidade acerca da redução, reciclagem e reuso dos resíduos gerados, no intuito de avaliar sua organização social quanto a essa problemática, para que compreendam o papel do ser humano na conservação ambiental, de modo a assegurar a preservação dos recursos naturais e a prevenção de agravos à saúde.

REFERÊNCIAS

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Sólidos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. 19ª edição. São Paulo: Ed. Abrelpe, 2021.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 8419**: Dispõe sobre as normas técnicas para implantação de Aterro Sanitário. Rio de Janeiro: ABNT, 1992. 7 p.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 13030**: Elaboração e apresentação de projeto de reabilitação de áreas degradadas pela mineração. Rio de Janeiro: ABNT, 1999. 5 p.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 13896**: Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro: ABNT, 1997. 12 p.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 13895**: Construção de poços de monitoramento e amostragem. Rio de Janeiro: ABNT, 1997. 21 p.

ARAÚJO, Luiz Phillipe. MP e MPF cobram por adequações do lixão de Alto Paraíso de Goiás. **Jornal Opção**. 09 de março de 2020. Disponível em: <https://www.jornalopcao.com.br/ultimas-noticias/mp-e-mpf-cobram-por-adequacoes-do-lixao-de-alto-paraíso-de-goias-240383/>. Acesso em: 18 de março de 2022.

BARROS, Luiza Helena dos Santos. **Requalificação dos Aterros Desativados (Brownfields) no Município de São Paulo**: Parques (Greenfields) Raposo Tavares e Jardim Primavera. 2011. 350p. Tese (Doutorado em Paisagem e Ambiente) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

BDIA - Banco de Dados de Informações Ambientais. Geologia. 2021. Disponível em: <https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/consulta/geologia>. Acesso em: 31 de jul. de 2022.

BIDONE, Francisco Ricardo Andrade e POVINELLI, Jurandy. **Conceitos básicos de resíduos sólidos**. São Carlos: EESC/USP. 1999.

BITAR, Omar Yezbek. **Avaliação da Recuperação de Áreas Degradadas por Mineração na Região Metropolitana de São Paulo**. Tese (Doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo: 1997. 185 p.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal, 05 de outubro de 1988.

BRASIL. Congresso Nacional. Lei nº 12.725/2012. Dispõe sobre o controle da fauna nas imediações de aeródromos. **Diário Oficial da União**. Brasília, 17 de agosto de 2012, seção 1.

BRASIL. Congresso Nacional. Lei nº 12.305/2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605 de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, 03 de agosto de 2010, seção 1.

BRASIL. Congresso Nacional. Lei nº 14.026/2020. Atualiza o Marco Legal do Saneamento. **Diário Oficial da União**. Brasília, 16 de junho de 2020, seção 1.

BRASIL. Decreto Federal nº 97.632 de 10 de abril de 1989. Dispõe sobre a regulamentação do Artigo 2º, inciso VIII, da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, 12 de abril de 1989.

BRAGA JR., Benedito P. F. *et al.* **Introdução à engenharia ambiental**. São Paulo: Prentice Hall, 2002. v. 1, 305 p. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/001272286>. Acesso em: 6 de jul. 2022.

CATAPRETA, Cícero Antonio Antunes. **Recuperação e Encerramento de áreas de Disposição Final de Resíduos Sólidos Urbanos: Lixão do Município de Varginha/MG e Aterro Sanitário de Mariana/MG**. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental - ABES. Seção Minas Gerais. 2022. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=-JfsRu0IVSk&t=44s>. Acesso em: 15 de jul. 2022.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Manual de gerenciamento de áreas contaminadas**. 2.ed. São Paulo: CETESB, 2001. [389] p. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5584477/mod_resource/content/1/Manual%20Cetesb%20Completo_%C3%A1reas%20contaminadas.pdf. Acesso em: 22 jul. 2022.

CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução nº 428, 17 de dezembro de 2010**. Dispõe, no âmbito do licenciamento ambiental, sobre a autorização do órgão responsável pela administração da Unidade de Conservação (UC), de que trata o art. 36, § 3º, da Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, bem como sobre a ciência do órgão responsável pela administração da UC no caso de licenciamento ambiental de empreendimentos não sujeitos a EIA-RIMA e dá outras providências. Ministério do Meio Ambiente. 2010.

CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução nº 420, 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 em decorrência de atividades antrópicas. Ministério do Meio Ambiente. 2009.

CUNNINGHAM, S. D.; ANDERSON, T. A.; SCHWAB, A. P. **Phytoremediation of soils contaminated with organic pollutants**. Advances in Agronomy, New York, v. 56, p. 55-114, 1996.

LEITE, Tânia Maria de Campos. **Entraves Espaciais**: Brownfields caracterizados por aterros de resíduos sólidos desativados no município de São Paulo/SP. Tese de Doutorado. Rio Claro-SP. 2005. 146 p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5.ed. Rio de Janeiro, 355p., 2018.

FEAM - Fundação Estadual do Meio Ambiente. **Caderno técnico de reabilitação de áreas degradadas por resíduos sólidos urbanos**. Belo Horizonte: Fundação Israel Pinheiro, 2010. 36 p. Disponível em: http://www.feam.br/images/stories/arquivos/minassemlixoes/cadernotecnico2010/areas_degradadas.pdf. Acesso em: 28 jul. 2022.

GOMES, M. B. M. **A Otimização da Produção de Energia Elétrica em Aterros Sanitários**: O caso. Tese (doutorado) – Apresentada ao Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Paulista, São Paulo, 2013. São Paulo, 2013. 179 p.

GÜNTHER, Wanda Maria Risso. **Resíduos sólidos no contexto da saúde ambiental**. 2008. Tese de Doutorado (Livre Docência) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/T.6.2010.tde-19072010-144112>. Acesso em: 25 maio 2022.

HAUS. Construída em antigo lixão, biblioteca brasileira concorre a prêmio de melhor do mundo. **Archdaily Brasil**. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/898207/construida-em-antigo-lixao-biblioteca-brasileira-concorre-a-premio-de-melhor-do-mundo>. Acesso em: 14 ago. 2022.

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Instrução Normativa N.º 4, de 13 de abril de 2011**. Estabelece exigências mínimas para

nortear a elaboração de Projetos de Recuperação de Áreas Degradadas - PRAD ou Áreas Alteradas, Brasília, DF, 4 abr 2011.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades** [2010 - 2022]. Panorama. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/go/alto-paraiso-de-goias/panorama>. Acesso em: 18 mar. 2022.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa nacional de saneamento básico 2017**: abastecimento de água e esgotamento sanitário. IBGE, Coordenação de População e Indicadores Sociais. Rio de Janeiro: IBGE, 2020.

ICMBio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Plano de Manejo Parque Nacional Chapada dos Veadeiros**. Brasília, 2009.

ISMAEL NEIVA. Gravador de voz. Entrevista concedida a Larissa Malta Santos. 22 de abril de 2022.

LEVISKY, Adriana. **Polifonia urbana**: arquiteturas, urbanismos e mediações. Editora Senac. São Paulo, 2021. Disponível em: https://www.google.com.br/books/edition/Polifonia_urbana/ptI4EAAAQBAJ?hl=pt-BR&gbpv=0. Acesso em: 10 ago. 2022.

MAJER, Jonathan David. **Fauna studies and land reclamation technology**: review of the history and need for such studies. In: Majer, J.D. (coord.): *Animais in primary succession: the role of fauna in reclaimed lands*. London: Cambridge University Press. 1989. p 3-33.

MORINAGA, C.M. **Recuperação de Áreas Contaminadas**: Um novo desafio para projetos paisagísticos. 2007. 152 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo – USP. São Paulo. 2007. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16135/tde-19092007-113720/pt-br.php>. Acesso em: 21 ago. 2022

MUNICÍPIO DE ALTO PARAÍSO DE GOIÁS (GO). **Termo de referência**. 2010. Disponível em: <https://www.altoparaiso.go.gov.br/data/PJ/Lici20200217081238.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2022.

NABORFAZAN, Roberto. Resíduos sólidos: Inspeção Judicial gera TAC entre município de Alto Paraíso, Ministério Público Federal e Estadual. **Jornal o vetor**. Alto Paraíso de Goiás, GO: 2 maio 2017. Disponível em:

<https://ovetor.com.br/residuos-solidos-inspecao-judicial-gera-tac-entre-municipio-de-alto-para-iso-ministerio-publico-federal-e-estadual/>. Acesso em: 18 mar. 2022.

NIMER, Edmon. **Climatologia do Brasil**. 2ª Ed. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1989. 422 p. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv81099.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2022.

NOGUEIRA, Israel de Almeida. **Recuperação de Lixões**: Proposta de Metodologia de Apoio à Tomada de Decisão. 2015, 102 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental) - Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG. Disponível em: https://www2.ufjf.br/engsanitariaeambiental//files/2014/02/TCC_Israel_FINALIZADO.pdf. Acesso em: 7 ago. 2022

OLIVEIRA, Egidio. **Vista ao Aterro Sanitário Bandeirante**. Faculdade de Tecnologia Oswaldo Cruz (FATEC), 2015. Disponível em: https://www.oswaldocruz.br/conteudo_ler.asp?id_conteudo=40436. Acesso em: 26 ago. 2022.

SECIMA - Secretaria de Estado de Meio Ambiente, Recursos Hídricos, Infraestrutura, Cidades e Assuntos Metropolitanos. **Plano de manejo da APA de Pouso Alto**. Encarte 2 - Quadro Socioambiental /Diagnóstico da UC. Goiânia, GO: CTE (Centro Tecnológico de Engenharia), 2016. 435p. Disponível em: https://www.meioambiente.go.gov.br/images/imagens_migradas/upload/arquivos/2016-06/encarte-2_compressed.pdf. Acesso em: 25 jul. 2022.

SILVA, A. G. F.; QUIRINO, F. E. S. P.; BARRETO, L. K. S.; SOUSA, W. M. S., NETO, M. P. R. Consórcios públicos e o atendimento à política nacional de resíduos sólidos por municípios do Cariri Paraibano. **Revista Brasileira de Planejamento e Desenvolvimento**, Cuiaba, V. 9, n. 1, p. 107-125, jan./abr. 2020. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/rbpd>>. Acesso em: 01 de out. 2022.

PORTAL DO TURISMO DE ALTO PARAÍSO DE GOIÁS. [s.d] Disponível em: <https://www.altoparaíso.go.gov.br/turismo/Descobrir.php>. Acesso em: 27 jul. 2022.

PROCÓPIO, de S.O, PIRES F. R, SANTOS J. B, SILVA A. A. **Fitorremediação de Solos com Resíduos de Herbicidas**. 1ª Ed. Aracajú: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2009. 32p.

ENVIRONMENTAL PROTECTION DEPARTMENT (The government of the Hong Kong Special Administrative Region). **Problems & Solutions**: Sai Tso Wan Recreation Ground.

2009. Waste Disponível em:
https://www.epd.gov.hk/epd/english/environmentinhk/waste/prob_solutions/stwr_ground.html
. Acesso em: 16 ago. 2022.

RECICLEALTO. Relatório das ações firmadas no contrato 033/2020 relativo a prestação de serviços nº 031/2020. Relatoria para a Prefeitura de Alto Paraíso de Goiás. 2021.

REVISTA VEJA. Praça Victor Civita é inaugurada em SP. Novembro de 2008. Disponível em: <https://veja.abril.com.br/brasil/praca-victor-civita-e-inaugurada-em-sp-2/>. Acesso em: 17 de ago. 2021.

RINCO, Taísa. **Projeto Novo Lixo**: Uma experiência de mobilização social para a sustentabilidade em Alto Paraíso de Goiás-GO. Universidade de Brasília -DF. Brasília, 2003, 101 p.

RIBEIRO, Carlos Frederico Dias de Alencar. **Recuperação de Áreas Degradadas**. NT Editora. Brasília: 2015. 143p.

RIBEIRO, José; WALTER, Bruno. **Campo Limpo**. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/bioma-cerrado/vegetacao/campestre/campo-limpo>. Acesso em: 31 jul. 2022.

SÁNCHEZ, Luiz Enrique. **Revitalização de áreas contaminadas**. In: Moeri, E.; Coelho, R.; Marker, A. (orgs.), *Remediação e Revitalização de Áreas Contaminadas: Aspectos Técnicos, Legais e Financeiros*. São Paulo: Signus Editora, p. 79-90, 2004. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/001410237>. Acesso em 10 ago. 2022.

SPERA, S. T. *et al.* **Solos areno-quartzosos no Cerrado**: características, problemas e limitações ao uso. Embrapa Cerrados, 1999. 48p.

WEBCOIST. Garbage to Green: 10 Landfills Turned into Nature Preserves. In: *Animals & Habitats, Geography & Travel, Nature & Ecosystems*. Disponível: <https://webcoist.momtastic.com/2009/05/10/garbage-to-green-10-landfills-turned-into-nature-preserves/>. Acesso: 16 ago. 2022.

ZUQUETTE, L.V.; RODRIGUES, V.G.S.R; PEJON, O.J. **Recuperação de Áreas Degradadas**. In: Calijuri e Fernandes: *Engenharia Ambiental: conceitos Tecnologia e Gestão*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013. Capítulo 23, p. 589-619.

ANEXOS A

Registros fotográficos do Lixão de Alto Paraíso de Goiás - agosto 2022



Fonte: A autora em visita *in loco* (28/08/2022).



Fonte: A autora em visita *in loco* (28/08/2022).



Fonte: A autora em visita *in loco* (28/08/2022).



Fonte: A autora em visita *in loco* (28/08/2022).