



FERNANDA CRISTINA SANTOS DE ANDRADE

**PLANO DE RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA (PRAD)
PARA UM ANTIGO ATERRO CONTROLADO NO
MUNICÍPIO DE OLIVEIRA – MG**

**LAVRAS - MG
2023**

FERNANDA CRISTINA SANTOS DE ANDRADE

**PLANO DE RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA (PRAD) PARA UM ANTIGO
ATERRO CONTROLADO NO MUNICÍPIO DE OLIVEIRA – MG**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Florestal, para a obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dra. Soraya Alvarenga Botelho
Orientadora

**LAVRAS - MG
2023**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Andrade, Fernanda Cristina Santos de.

Plano de Recuperação de Área Degradada (PRAD) para um antigo aterro controlado no município de Oliveira - MG. / Fernanda Cristina Santos de Andrade. - 2023.

55 p. : il.

Orientador(a): Soraya Alvarenga Botelho.

TCC (graduação) - Universidade Federal de Lavras, 2023.
Bibliografia.

1. resíduos sólidos. 2. recuperação do solo. 3. gestão ambiental.
I. Botelho, Soraya Alvarenga. II. Título.

FERNANDA CRISTINA SANTOS DE ANDRADE

**PLANO DE RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA (PRAD) PARA UM ANTIGO
ATERRO CONTROLADO NO MUNICÍPIO DE OLIVEIRA – MG**

**DEGRADED AREA RECOVERY PLAN (PRAD) FOR AN OLD CONTROLLED
LANDFILL IN THE MUNICIPALITY OF OLIVEIRA – MG**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Florestal, para a obtenção do título de Bacharel.

Aprovada em 02 de março de 2023.

| | |
|--------------------------|------|
| Soraya Alvarenga Botelho | UFLA |
| Fernanda Leite Cunha | UFLA |
| Matheus Santos Luz | UFLA |

Prof. Dra. Soraya Alvarenga Botelho
Orientadora

**LAVRAS - MG
2023**

*Em especial, dedico aos meus familiares que
partiram e não puderam ver minha vitória.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais Claudia e Enézio e ao meu irmão Álvaro, por todo o suporte, confiança e paciência. Isso é fruto da árvore que vocês plantaram e regaram ao longo da minha vida. Sem vocês não seria possível.

Aos amigos que conquistei, por formarem minha nova família e tornarem meus dias mais alegres.

Ao meu namorado Rodrigo, que me incentivou a cruzar a linha de chegada desta graduação.

Aos professores das escolas públicas que passei, por possibilitarem meu ingresso em uma Universidade Federal.

A todos os docentes da UFLA que repassaram seus ensinamentos com dedicação e compreenderam minhas dificuldades, principalmente aos que me orientaram ao longo dos anos. A professora Soraya por seu incentivo e entusiasmo em me ensinar a buscar a excelência.

Agradeço à banca avaliadora pelo seu tempo e contribuições para o aprimoramento deste trabalho com suas opiniões e conhecimentos.

A Prefeitura Municipal de Oliveira, especialmente aos colegas da Secretaria de Agricultura e Meio Ambiente, pela oportunidade de trabalhar e crescer.

Por fim, agradeço à Universidade Federal de Lavras pelos recursos e excelentes profissionais.

“A educação é o único caminho para emancipar o homem. Desenvolvimento sem educação é criação de riquezas apenas para alguns privilegiados.”

(Leonel Brizola)

RESUMO

O encerramento de aterros pode reduzir os impactos ambientais negativos causados pela sua operação, mas a desativação por si só não elimina todos os impactos associados à sua existência. Portanto, é necessário implementar projetos de restauração em áreas onde os aterros sanitários foram fechados. O presente trabalho tem por objetivo geral apresentar a elaboração do Projeto de Recuperação de Área Degradada (PRAD) que é um documento técnico que estabelece as ações e medidas necessárias para recuperar áreas que sofreram degradação ambiental. Para o aterro controlado do município de Oliveira, estado de Minas Gerais. Como objetivos específicos se tem a elaboração de diagnóstico do aterro controlado, elucidação de todas as etapas de um PRAD e revisão da legislação vigente sobre o tema. As informações sobre clima, geologia, pedologia, relevo, hidrologia, vegetação e histórico do aterro controlado foram obtidas através de revisão de literatura, vistoria in loco e documentos municipais. Para elaboração do planejamento do PRAD foram seguidas as etapas de acordo com a Instrução Normativa nº 4, de 13 de abril de 2011 do IBAMA, que estabelece procedimentos para elaboração do PRAD ou Área Alterada, para fins de cumprimento da legislação ambiental. As etapas de implantação, manutenção e monitoramento foram desenvolvidas de acordo com o Caderno Técnico de Reabilitação de Áreas Degradadas por Resíduos Sólidos Urbanos da FEAM, que apresenta algumas técnicas utilizadas para desativação, adequação e recuperação de áreas degradadas pela disposição de resíduos sólidos urbanos em lixões. O estudo apresenta uma visão clara e abrangente das etapas envolvidas na produção de um PRAD para fechamento de um aterro municipal. Além disso, fornece uma visão geral das leis que regem a gestão de resíduos sólidos no Brasil para fornecer uma base para o projeto. Com a implementação da nova Política Nacional de Resíduos Sólidos, em 2010, cresce a urgência de adequação dos sistemas de coleta de resíduos e sua destinação, que a partir do decreto federal 7.404 de 23 de dezembro de 2010, é obrigatório ser um aterro sanitário. No entanto, muitos municípios ainda utilizam aterros controlados que necessitam de fechamento adequado. Neste contexto, o PRAD assume um importante papel, contudo as técnicas de remediação conhecidas para recuperação de áreas utilizadas para aterros controlados são caras, o que dificulta sua implementação em pequenos municípios.

Palavras-chave: Recuperação do solo. Gestão ambiental. Sustentabilidade. Resíduos sólidos. Restauração florestal.

ABSTRACT

The closure of landfills can reduce the negative environmental impacts caused by their operation, but decommissioning alone does not eliminate all the impacts associated with their existence. Therefore, it is necessary to implement restoration projects in areas where landfills have been closed. The general objective of this work is to present the elaboration of a Degraded Area Restoration Project (PRAD), which is a technical document that establishes the actions and measures necessary to recover areas that have suffered environmental degradation. for the controlled landfill in the city of Oliveira, state of Minas Gerais. As specific objectives are the elaboration of a diagnosis of the controlled landfill, elucidation of all stages of a PRAD and review of current legislation on the subject. The information about climate, geology, pedology, relief, hydrology, vegetation and history of the controlled landfill were obtained through literature review, in loco inspection and municipal documents. To prepare the PRAD planning, the steps were followed according to IBAMA's Normative Instruction No. 4, of April 13, 2011, which establishes procedures for preparing PRAD or Altered Area, for purposes of compliance with environmental legislation. The stages of implementation, maintenance and monitoring were developed in accordance with the Technical Notebook of Rehabilitation of Areas Degraded by Urban Solid Waste from FEAM, which presents some techniques used for deactivation, adequacy and recovery of areas degraded by the disposal of urban solid waste in dumps. The study presents a clear and comprehensive view of the steps involved in the production of a PRAD for the closure of a municipal landfill. In addition, it provides an overview of the laws governing solid waste management in Brazil to provide a basis for the project. With the implementation of the new National Policy for Solid Waste in 2010, there is a growing urgency for the adequacy of waste collection systems and their destination, which from the federal decree 7,404 of December 23, 2010, is mandatory to be a landfill. However, many municipalities still use controlled landfills that need proper closure. In this context, the PRAD assumes an important role, however, known remediation techniques for the recovery of areas used for controlled landfills are expensive, which hinders its implementation in small municipalities.

Keywords: Soil remediation. Environmental management. Sustainability. Solid waste. Forest restoration.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Mapa de localização do aterro controlado de Oliveira - MG. | 23 |
| Figura 2 - Aterro controlado em funcionamento. | 25 |
| Figura 3 - Modelo de cercamento. | 30 |
| Figura 4 - Projeto de poço de monitoramento com revestimento simples. | 33 |
| Figura 5 - Esquema gráfico dos elementos que compõe o sistema de drenagem de gases. | 35 |
| Figura 6 - Área com resíduo dentro do aterro controlado. | 38 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 - Espécies utilizadas na composição do estrato herbáceo..... | 37 |
| Tabela 2 - Espécies utilizadas na composição do estrato arbóreo..... | 39 |
| Tabela 3 - Cronograma de atividades do PRAD. | 45 |
| Tabela 4 - Orçamento previsto do PRAD..... | 46 |

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 14 |
| 2 REFERENCIAL TEÓRICO | 16 |
| 2.1 LEGISLAÇÃO | 16 |
| 2.2 LOCAIS DE DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS | 18 |
| 2.3 RECUPERAÇÃO DE LIXÕES E ATERROS | 19 |
| 3 METODOLOGIA PARA ELABORAÇÃO DO PRAD..... | 21 |
| 3.1 OBTENÇÃO DE INFORMAÇÕES SOCIOAMBIENTAIS..... | 21 |
| 3.2 REFERÊNCIAS PARA A ELABORAÇÃO DO PRAD..... | 21 |
| 4 PROJETO DE RECUPERAÇÃO DO ATERRO CONTROLADO DO MUNICÍPIO DE OLIVEIRA | 22 |
| 4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA A SER RECUPERADA..... | 22 |
| 4.1.1 HISTÓRICO | 22 |
| 4.1.2 LOCALIZAÇÃO | 22 |
| 4.1.3 ATIVIDADES | 23 |
| 4.2 ORIGEM DA DEGRADAÇÃO | 24 |
| 4.3 CARACTERIZAÇÃO REGIONAL E LOCAL..... | 25 |
| 4.3.1 MUNICÍPIO | 25 |
| 4.3.2 CLIMA | 26 |
| 4.3.3 SOLO | 26 |
| 4.3.4 RELEVO | 27 |
| 4.3.5 HIDROGRAFIA | 27 |
| 4.3.6 MEIO BIÓTICO | 28 |
| 4.4 IMPLANTAÇÃO DO PROCESSO..... | 29 |
| 4.4.1 ISOLAMENTO E IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL..... | 29 |
| 4.4.2 ARRUMAÇÃO DOS RESÍDUOS E RECOMPOSIÇÃO TOPOGRÁFICA .. | 30 |
| 4.4.3 RECOBRIMENTO DOS RESÍDUOS..... | 31 |
| 4.4.4 LIMPEZA GERAL | 31 |
| 4.4.5 INSTRUMENTAÇÃO DE MONITORAMENTO..... | 31 |
| 4.4.6 DRENAGEM PLUVIAL | 33 |
| 4.4.7 DRENAGEM DE GÁS..... | 34 |
| 4.4.8 CAMADA DE TERRA | 35 |
| 4.4.9 COBERTURA VEGETAL | 35 |
| 4.4.10 REVEGETAÇÃO DAS ÁREAS COM DEPÓSITO DE RESÍDUO | 36 |
| 4.4.11 REVEGETAÇÃO DAS ÁREAS NUAS REMANESCENTES | 38 |

| | |
|---|----|
| 4.4.12 DEFINIÇÃO DE USO FUTURO DA ÁREA | 40 |
| 4.5 MANUTENÇÃO..... | 40 |
| 4.5.1 MANUTENÇÃO DA COBERTURA VEGETAL..... | 41 |
| 4.5.2 MANUTENÇÃO DO ISOLAMENTO E SINALIZAÇÃO | 42 |
| 4.6 MONITORAMENTO | 42 |
| 4.6.1 ESTABILIDADE DO MACIÇO..... | 42 |
| 4.6.2 SISTEMAS DE DRENAGEM..... | 43 |
| 4.6.3 QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS | 43 |
| 4.6.4 ESTABELECIMENTO DA VEGETAÇÃO | 43 |
| 4.7 CRONOGRAMA FÍSICO | 45 |
| 4.8 CRONOGRAMA FINANCEIRO | 46 |
| 5 CONCLUSÕES..... | 47 |
| REFERÊNCIAS | 48 |
| ANEXOS | 53 |
| ANEXO A – LEVANTAMENTO PLANIMÉTRICO. | 53 |
| ANEXO B – LEVANTAMENTO PLANIALTIMÉTRICO..... | 54 |
| ANEXO C – ANÁLISE DE ÁGUA..... | 55 |

1 INTRODUÇÃO

O território brasileiro encontra-se intensamente urbanizado, dado que 84,4% da população reside nas zonas urbanas e 15,6% nas zonas rurais, sendo que 44% vivem em municípios que possuem mais de 200 mil habitantes (IBGE, 2010), o que intensifica as questões relacionadas a geração e disposição de resíduos sólidos urbanos. Conforme definido pela PNRS, os resíduos sólidos urbanos (RSU) são gerados a partir da limpeza domiciliar e urbana, os quais devem ter um destino apropriado. Todos os municípios do Brasil são obrigados a criar um plano integrado de gestão de RSU que inclua ajustes nos sistemas existentes, futuras estratégias de gestão e metas de redução, reutilização e reciclagem. (BRASIL, 2010).

Durante muitos anos, a destinação dos resíduos sólidos ocorria em aterros controlados, os quais eram construídos sem nenhum processo de impermeabilização do solo ou controle dos gases gerados pela decomposição. Sendo uma alternativa barata, mas que compromete a qualidade do solo, das águas subterrâneas e do ar, por não haver tratamento adequado.

Instituída a Lei Federal nº 12.305, a qual estabelece regras da política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que além de proibir o descarte indevido de resíduos, também defende a implantação da logística reversa, a inclusão dos catadores no planejamento estratégico e, indiretamente, o aumento da abrangência da coleta seletiva. (DEUS *et al.*, 2017). Ademais, institui prazo aos municípios para uma disposição final ambientalmente adequada, contemplando o encerramento de lixões e aterros controlados.

O encerramento de um aterro controlado é fundamental para reduzir os impactos ambientais negativos causados pela sua operação, mas a desativação por si só não elimina todos os impactos associados à sua existência. Portanto, é necessário implementar projetos de restauração em áreas onde os aterros sanitários foram fechados. (RESENDE *et al.*, 2015). Contudo, o processo de restauração de aterros fechados apresenta vários desafios, incluindo o potencial de contaminação pela degradação de resíduos e as características únicas do solo nessas áreas. O solo de aterro, também conhecido como solo construído, que é criado a partir da compactação de resíduos e não possui as mesmas características do solo natural. (ROSA; DALMORIN, 2009).

Para enfrentar esses desafios, é necessário um Plano de Recuperação de Área Degradada (PRAD) conforme previsto no Decreto Federal 97.632/89 que visa à estabilidade ambiental. Este decreto alinha-se com a orientação do IBAMA, que afirma que a recuperação envolve a devolução do local degradado a uma forma e uso compatíveis com o plano de uso

da terra pré-estabelecido. Isto implica que se estabeleça uma condição estável de acordo com os valores ambientais e sociais envolventes, e que o sítio degradado tenha as condições mínimas para estabelecer um novo equilíbrio dinâmico, criando um novo solo e uma nova paisagem. (TAVARES *et al.*, 2008).

Nesse contexto, o município de Oliveira-MG, localizado a 150 km a sudoeste de Belo Horizonte, atendendo as expectativas de se enquadrar dentro das exigências da Lei Federal nº 12.305, de 2010, elaborou um Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS). Dentre os objetivos do plano está a implantação completa do aterro sanitário municipal e a desativação e recuperação dos aterros controlados da cidade.

Para atender o objetivo do PMGIRS de Oliveira, de desativar o aterro controlado da cidade, o presente trabalho teve por objetivo geral apresentar a elaboração do PRAD para o aterro controlado do município de Oliveira, Minas Gerais. Como objetivos específicos se tem a elaboração de diagnóstico do aterro controlado, elucidação de todas as etapas de um PRAD e revisão da legislação vigente sobre o tema.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Legislação

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) no Brasil foi instituída pela Lei Federal 12.305 de 2 de agosto de 2010, e regulamentada pelo Decreto Federal 7.404 de 23 de dezembro de 2010. Ela serve como um marco legal abrangente para a regulamentação de todo o setor de resíduos no país. A PNRS inclui um conjunto de princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas, responsabilidades e instrumentos econômicos para alcançar uma gestão integrada e adequada dos resíduos sólidos. Segundo o Art. 4º, pode-se inferir que

A Política Nacional de Resíduos Sólidos reúne o conjunto de princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações adotados pelo Governo Federal, isoladamente ou em regime de cooperação com Estados, Distrito Federal, Municípios ou particulares, com vistas à gestão integrada e ao gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos (BRASIL, 2010).

A PNRS estabelece uma ordem de prioridade de não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento e "disposição final ambientalmente adequada" (BRASIL, 2010). A disposição final refere-se especificamente à disposição de resíduos em aterros sanitários, como último recurso após esgotadas todas as outras opções, e é considerada "ambientalmente adequada" no que se refere à reutilização, reciclagem, compostagem e outros meios de utilização dos RSUs, com o objetivo de reduzir os impactos ambientais e proteger a saúde humana. (BRASIL, 2008).

A PNRS também estabelece a responsabilidade compartilhada dos geradores de resíduos e inclui instrumentos de planejamento em seis níveis de governo (nacional, estadual, microrregional, intermunicipal, metropolitano e municipal) (BRASIL, 2010). Inclui logística reversa, coleta seletiva, ciclo de vida do produto, Sistema Nacional de Informações sobre Gerenciamento de Resíduos Sólidos (SNIR), catadores de materiais recicláveis e planos de resíduos sólidos, com foco na inclusão social em todo o processo. (MARINO *et al.*, 2018).

Quando se trata de disposição final, o Brasil, assim como outros países, tem três opções principais: lixão, aterro sanitário e aterro controlado. Existem também outros tipos como valas de recebimento de resíduos perigosos (RSS), unidades de triagem, unidades de tratamento por micro-ondas e autoclave, unidades de manuseio de ramais e podas e unidades de transbordo (ALFAIA *et al.*, 2017).

A Lei nº 12.305/2010 estabeleceu um prazo para o fechamento dos aterros sanitários no Brasil, que é considerada a forma mais nociva e inadequada de destinação final dos RSU, pois não requer nenhum tratamento prévio, os resíduos são lançados diretamente no solo, contaminando o meio ambiente e colocando em risco a saúde da população do entorno e de outras áreas diretamente afetadas (BRASIL, 2010).

Como medida de cumprimento da legislação vigente, algumas áreas foram convertidas em aterros controlados, que é uma opção intermediária entre lixões e aterros sanitários, na tentativa de eliminar os lixões a céu aberto, mas seus impactos são tão danosos quanto os do lixão, já que não há técnica de controle de chorume ou biogás (QUADROS; AUDIBERT; FERNANDES, 2018).

O processo difere de um lixão porque o lixo é coberto com camadas de material inerte para evitar a propagação de vetores de doenças e atenuar o mau cheiro resultante da decomposição de materiais orgânicos (DAI-PRÁ *et al.*, 2018). A melhor alternativa é o aterro sanitário, que possui um procedimento completamente diferente e se caracteriza pela utilização de diversas técnicas, que vão desde a coleta seletiva até o tratamento de chorume, percolado e produção de energia por meio do biogás (LIMA *et al.*, 2018).

A Lei nº 18.031, de 12 de janeiro de 2009 que dispõe sobre a Política Estadual de Resíduos Sólidos é outro mecanismo importante que os municípios devem levar em conta, visto que ela se aplica aos agentes públicos e privados que desenvolvam ações que, direta ou indiretamente, envolvam a geração e a gestão de resíduos sólidos. A legislação lista os seguintes objetivos:

Estimular a gestão de resíduos sólidos no território do Estado, de forma a incentiva-, fomentar e valorizar a não-geração, a redução, a reutilização, o reaproveitamento, a reciclagem, a geração de energia, o tratamento e a disposição final adequada dos resíduos sólidos; Proteger e melhorar a qualidade do meio ambiente e preservar a saúde pública; Sensibilizar e conscientizar a população sobre a importância de sua participação na gestão de resíduos sólidos; Gerar benefícios sociais, econômicos e ambientais; Estimular soluções intermunicipais e regionais para a gestão integrada dos resíduos sólidos; Estimular a pesquisa e o desenvolvimento de novas tecnologias e processos ambientalmente adequados para a gestão dos resíduos sólidos (MINAS GERAIS, 2009).

Dentre as ações propostas ao poder público está a recuperação e remediação de vazadouros, lixões e áreas degradadas pela disposição inadequada de resíduos sólidos (MINAS GERAIS, 2009).

A NBR 10.004/2004 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) apresenta a definição de resíduos sólidos como:

Resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível (ABNT, 2004).

Essa mesma norma técnica classifica o resíduo de acordo com o grau de contaminação do meio ambiente e à saúde pública: a) Resíduos classe I - Perigosos; b) Resíduos classe II – Não perigosos; – Resíduos classe II A – Não inertes. – Resíduos classe II B – Inertes.

Recentemente, a lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020 atualizou o marco legal do saneamento básico, de forma que fica a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) responsável por instituir normas de referência para a regulação dos serviços públicos de saneamento básico (BRASIL, 2020).

2.2 Locais de disposição de resíduos

Em 2022, a geração de resíduos sólidos urbano chegou ao montante de 79 milhões de toneladas de resíduos por ano. No Brasil, há mais de 2500 lixões a céu aberto o que caracteriza um risco constante para a população das cidades. A disposição final segura dos RSU é um desafio para os órgãos públicos, uma vez que as áreas disponíveis para disposição final têm se tornado cada vez mais difíceis e com custos elevados (ABRELPE, 2022).

Classificam-se os locais de disposição de resíduos em três tipos, de acordo com os cuidados e técnicas aplicadas: Lixões, aterros controlados e aterros sanitários. São considerados lixões áreas onde os resíduos sólidos são depositados sem nenhum tipo de tecnologia para conservação ou ambiental (OLIVEIRA *et al.*, 2013). Essa técnica acarreta diversos impactos negativos ao meio ambiente, que refletem nas características do solo e da água do local. Essas áreas apresentam alta geração de chorume de origem da degradação dos resíduos orgânicos dispostos, resultando em contaminação (ARAÚJO, 2014).

Além dos lixões, outras técnicas para a disposição final de resíduos sólidos têm sido utilizadas, sendo as principais delas o aterro controlado e o aterro sanitário (GOMES *et al.*, 2019). O aterro controlado tem como finalidade diminuir os impactos causados ao meio ambiente, pois os resíduos ficam confinados por uma camada de material inerte. A principal

diferença é que essa metodologia não possui manta de impermeabilização do solo (SILVA *et al.*, 2012).

O aterro sanitário é a principal forma de deposição de resíduos sólidos urbanos que reduz os impactos ambientais. É considerada adequada para dispor os resíduos, pois possui mantas impermeáveis resistentes, que diminuem a contaminação dos recursos hídricos e outros equipamentos, como dreno de gases, águas superficiais, captação de chorume e saída para a estação de tratamento. A instalação de aterros sanitários ainda é muito onerosa financeiramente o que torna difícil a implantação em muitos municípios brasileiros (ZANINI; LESSA, 2013).

2.3 Recuperação de lixões e aterros

A desativação de lixões e aterros controlados é feita muitas vezes sem critérios técnicos, somente com o encerramento de deposição de resíduos no local, fechamento e abandono da área. Sem nenhum controle, os processos de dano ao meio ambiente continuam acontecendo de forma acentuada, podendo causar poluição do ar e das águas, problemas de instabilidade no terreno e degradação do solo (FEAM, 2010).

Trabalhos recentes abordam a atividade de recuperação de áreas degradadas por aterros de forma mais técnica. Lomolino *et al.* (2020) demonstraram o processo de recuperação de um lixão no município de Estrela do Sul, estado de Minas Gerais, com implantação de sistema de drenagem de percolados, drenagem de gases e drenagem superficial, sem determinar formas de revegetação e manutenção da área. Mariano Neto (2021) buscou propor um conjunto de medidas simplificadas para o encerramento e recuperação da área do lixão no município de Paulista, estado da Paraíba, através do isolamento da área, descontaminação e estabilização do solo e da água e a inserção de espécies vegetais. Por sua vez, Lins (2021) teve como objetivo a elaboração de estratégias para o encerramento de um lixão de Afogados da Ingazeira, Pernambuco. O autor sugeriu o processo que inclui delimitação da área, avaliação do nível de contaminação, encapsulamento e geometrização de resíduos, elaboração de canaletas de drenagem, drenos verticais para captação dos gases produzidos e reflorestamento da área.

Visto que muitos desses trabalhos são feitos sem uma metodologia clara, Guimarães *et al.* (2021) tiveram como objetivo apresentar uma proposta metodológica para o encerramento e recuperação de lixões e aterros controlados, aplicável às diversas realidades existentes no país. A FEAM (2010) também apresenta técnicas indicadas para a desativação, adequação e

recuperação de áreas de lixões e aterros, que passa pela remoção dos resíduos e posterior recuperação simples, recuperação parcial, adequação temporária como aterro controlado e recuperação como aterro sanitário.

3 METODOLOGIA PARA ELABORAÇÃO DO PRAD

3.1 Obtenção de informações socioambientais

As informações sobre clima, geologia, pedologia, relevo, hidrologia, vegetação e histórico do aterro controlado foram obtidas através de revisão de literatura, vistoria *in loco* e documentos municipais.

3.2 Referências para a elaboração do PRAD

Para elaboração do planejamento do PRAD foram seguidas as etapas de acordo com a Instrução Normativa nº 4, de 13 de abril de 2011 do IBAMA, que estabelece procedimentos para elaboração de Projeto de Recuperação de Área Degradada - PRAD ou Área Alterada, para fins de cumprimento da legislação ambiental (BRASIL, 2011). As etapas de implantação, manutenção e monitoramento foram desenvolvidas de acordo com o Caderno Técnico de Reabilitação de Áreas Degradadas por Resíduos Sólidos Urbanos da FEAM, que apresenta algumas técnicas utilizadas para desativação, adequação e recuperação de áreas degradadas pela disposição de resíduos sólidos urbanos em lixões (FEAM, 2010).

4 PROJETO DE RECUPERAÇÃO DO ATERRO CONTROLADO DO MUNICÍPIO DE OLIVEIRA

4.1 Caracterização da área a ser recuperada

4.1.1 Histórico

O aterro controlado, de acordo com documentos municipais levantados, começou suas atividades de recebimento de resíduos no ano de 2011 e teve seu encerramento iniciado em outubro do ano de 2022, totalizando aproximadamente 11 anos de atividade.

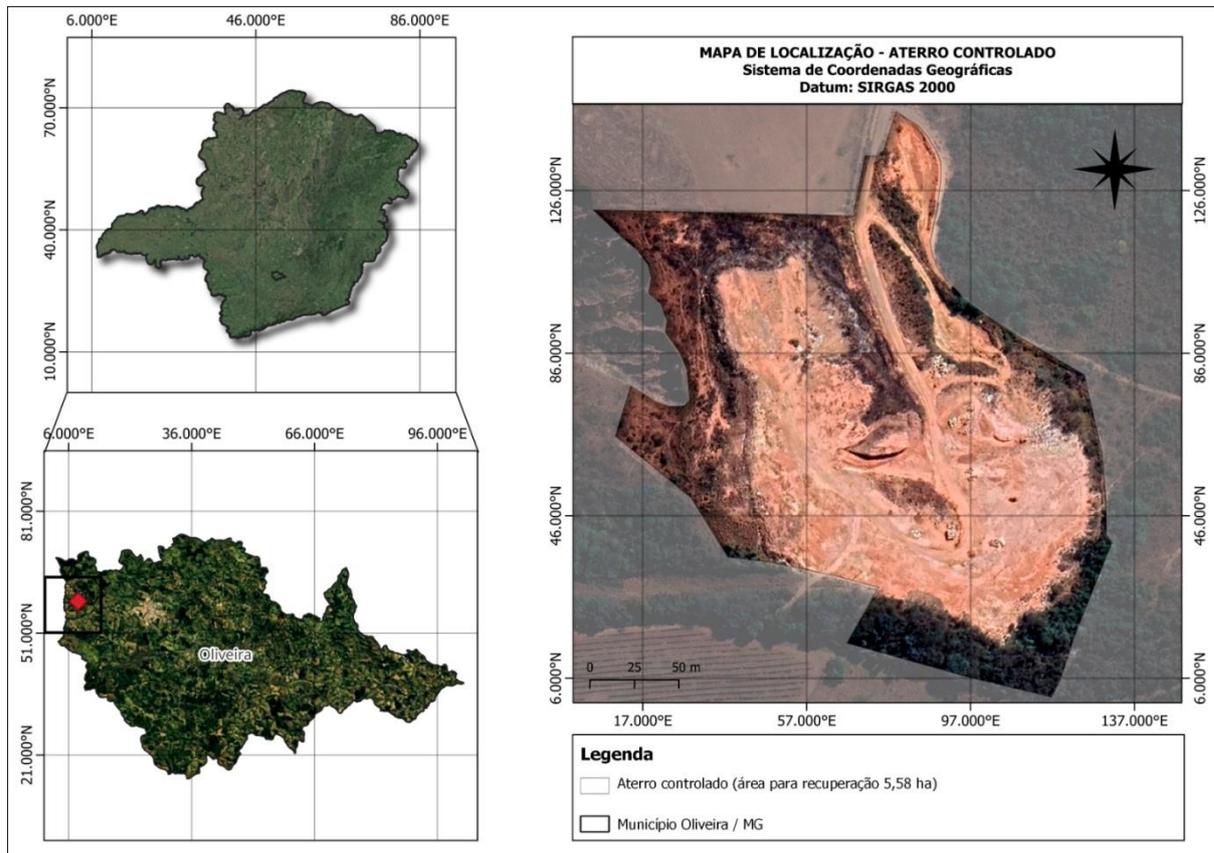
É um terreno rural de propriedade particular, alugada pelo município, mediante pagamentos monetários mensais. Esta foi a solução mais viável encontrada há época, quando houve a necessidade de encerramento das atividades de um antigo lixão na cidade vizinha, São Francisco de Paula, onde o município depositava seus resíduos.

Atualmente a prefeitura municipal realiza a coleta e transporte dos resíduos domésticos, de atividades comerciais e de limpeza urbana, tais como: varrição, capina, poda de árvore, entre outros. A disposição final fica a cargo de empresa licitada, que o dispõe em um aterro sanitário localizado em outro município. Para tanto, foram necessárias a criação e o licenciamento ambiental de uma área de transbordo e um bota fora para resíduos de poda e capina, cuja disposição é de responsabilidade do município. Desta forma a prefeitura realiza apenas a disposição final dos resíduos vegetais.

4.1.2 Localização

O aterro controlado está localizado próximo a BR369 - km 8, zona rural, nas coordenadas geográficas centrais de 20°41'11,95''S e 44°54'50,84'' O. A área possui um total de 5,63 ha, dos quais, aproximadamente 4,09 ha contém resíduos, estando distante num raio de 2,1 km do centro urbano, 5 km de rodovias e estradas e 5,9 km do aeroporto.

Figura 1 - Mapa de localização do aterro controlado de Oliveira - MG.



Fonte: da autora (2023).

4.1.3 Atividades

Durante o período de atividade, os resíduos coletados pelo município eram depositados no local de segunda a sexta-feira, contando com três caminhões compactadores, onde trabalham um motorista e três garis para cada veículo. Conforme o PMGIRS de 2021, cerca de 20 toneladas de rejeito eram dispostas nas trincheiras ao dia, posteriormente compactado por um trator de esteira e coberto com a terra retirada do local. Além dos caminhões de coleta municipais, chegavam também caçambas com entulhos de construção civil e veículos particulares, que leva a crer que o volume total recebido era superior ao estimado.

Contava nos dias úteis com a colaboração de dois funcionários, sendo um vigia responsável por inspecionar quais resíduos estavam chegando e destiná-los às trincheiras corretas e um motorista de trator responsável pela compactação e cobertura dos resíduos, ambos com carga horária de oito horas diárias. Após a saída dos funcionários e durante os

finals de semana, o local não contava com supervisão e possui livre acesso para pessoas e animais.

4.2 Origem da degradação

A área a ser recuperada está localizada na zona rural do município, na rodovia BR-369, km-8. Possui 5,63 ha, dos quais 4,09 ha são objetos de intervenção deste estudo. A área é composta por dois pequenos fragmentos de mata, e sua maior parte de solo exposto, não estando inserida em área de reserva legal, tampouco de preservação permanente, reserva ecológica ou semelhantes.

Dado a necessidade de um local para destinar os resíduos sólidos, iniciou-se o processo de descarte na área em 2011. Durante os anos de atividade, o local recebeu quase que diariamente resíduos sólidos que posteriormente eram compactados e recobertos de terra através do uso de maquinários pesados. Instituiu assim um aterro controlado.

Com a retirada das camadas superficiais do solo para empréstimo de terra, e escavações de valas, originou-se a exposição de horizontes mais profundos do solo que são intemperizados, mais ácidos e com baixa fertilidade natural. Devido à remoção da vegetação e dos horizontes mais superficiais, a área perdeu a sua capacidade de resiliência, visto que também foram eliminados seus meios de regeneração natural, como banco de sementes, rebrota, banco de plântulas e chuva de sementes.

Além disso, em decorrência das atividades do maquinário para compactação e recobrimento, ocorreu compactação do solo, mesmo em locais onde não houve disposição de resíduos. Impedindo a germinação de sementes que chegam na área e o estabelecimento e desenvolvimento de mudas plantadas.

Os taludes fazem parte de um contexto geomorfológico onde as cotas de altitude aumentam mais de dois metros até o topo do morro situado. Originaram na área devido ao maciço depositado e apresentam em alguns pontos inclinação superior a 45°, conforme o levantamento planialtimétrico (anexo B), provocando desestabilização propícia à erosão laminar.

Figura 2 - Aterro controlado em funcionamento.



Fonte: da autora (2022).

4.3 Caracterização regional e local

4.3.1 Município

O aterro controlado está localizado na cidade de Oliveira-MG, município inserido na mesorregião oeste de Minas Gerais, 134 km distante da capital, Belo Horizonte. Possui população estimada de 41.987 habitantes (IBGE, 2021), distribuídos numa área territorial de 897.294km² incluso a população de seu distrito Morro do Ferro.

A principal atividade econômica é a indústria, agropecuária e serviços, o PIB per capita para o ano de 2019 foi calculado em R\$ 21.637,93 e a média salarial dos trabalhadores formais corresponde a 1,6 salários mínimos. O Índice de Desenvolvimento Humano do município é de 0,699 (PNUD, 2010), considerado um valor médio (VESENTINI, 2012).

4.3.2 Clima

De acordo com a classificação climática proposta por Alvares *et al.* (2014) o município se enquadra na categoria Cwb, caracterizado por um clima temperado úmido, com inverno seco e verão moderadamente quente. A precipitação média anual é de 1449 mm, com chuvas mais concentradas nos meses de outubro a março com precipitação média de 168,11 mm, sendo dezembro o mês mais chuvoso, enquanto nos meses mais secos, de abril a setembro, a precipitação apresenta média de 27,01 mm (GUIMARÃES *et al.*, 2010). A temperatura média anual é calculada em 23°C com máxima de 27°C e mínima de 12°C registradas em fevereiro e julho, respectivamente (WEATHER SPARK, 2022).

4.3.3 Solo

4.3.3.1 Pedologia

De acordo com o Mapa de Solos do Estado de Minas Gerais (UFV; CETEC; UFLA; FEAM, 2010), o tipo de solo encontrado na área do aterro é argissolo vermelho amarelo distrófico, embora o tipo de solo predominante no município seja latossolo vermelho amarelo distrófico, com pequenas porções de cambissolo haplico estrófico e Neossolos litólicos Eutrofos. O argissolo vermelho amarelo distrófico é um tipo de solo constituído por material mineral, que têm como característica diferencial, a presença de horizonte B textural (Bt) de argila de atividade baixa, ou atividade alta desde que conjugada com saturação por bases baixa ou com caráter aluminico. O horizonte Bt encontra-se imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte superficial, exceto o hístico, com cores vermelho-amareladas devido à presença da mistura dos óxidos de ferro hematita e goethita. Os Argissolos são de profundidade variável, desde forte a imperfeitamente drenados, textura varia de arenosa a argilosa no horizonte A e de média a muito argilosa no horizonte Bt, sempre havendo aumento de argila daquele para este.

4.3.3.2 Geologia

Oliveira está na porção meridional do cráton São Francisco, no domínio morfoestrutural do Planalto dos Campos das Vertentes. Esse cráton faz parte da plataforma pré-cambriana, da era arqueana, que engloba grande parte dos estados de Minas Gerais e

Bahia. A porção meridional do cráton é um segmento crustal de evolução policíclica, estável tectonicamente em relação aos cinturões móveis do ciclo Brasileiro (ALMEIDA 1977; ALKMIM *et al.* 1993) é constituída por gnaisses, granitóides, anfibolitos, rochas máficas e ultramáficas, xistos e quartzitos, segundo Machado Filho *et al.* (1983). Considerando o mapa geológico do estado de Minas Gerais, o local onde está inserido o aterro é constituído por gnaisses, que são rochas de médio a alto grau metamórfico, podem ser formadas pelo metamorfismo do granito ou de rochas sedimentares quartzo-argilosas. Petrograficamente, o Gnaiss Itapeçerica é caracterizado, essencialmente, por rochas anisotrópicas, bandadas, faneríticas, mesocráticas, de cor rosada e, mais raramente, acinzentada (UFOP; CPRM, 2007).

4.3.4 Relevô

O relevô do município é do tipo mares de morros com altiplanos elevados (UFOP; CPRM, 2007) possui altitude máxima de 1209 m (cabeceira do Córrego Palmital) e mínima de 910 m (Ribeirão do Recreio), e no ponto central da cidade de 987,52 m (SAAE, 2022).

De acordo com o levantamento planialtimétrico realizado na área do aterro controlado o ponto de cota mais elevado está a 984,23m de altitude e o ponto mais baixo a 947,61m. Deve-se ressaltar que esta área sofreu intervenções como abertura e fechamento de valas, conformação de taludes, empréstimo de solo, entre outros.

É possível verificar que a área onde situa-se o aterro controlado, não faz parte de formações com relevos cársticos (IDE-SISEMA, 2022). Que são relevos caracterizados por possuir depressões fechadas, drenagem subterrânea e cavernas que são formadas, principalmente pela dissolução da rocha matriz (TRAVASSOS, 2019)

4.3.5 Hidrografia

O município é abastecido pelas bacias do Rio São Francisco e do Rio Grande, essa última, abrange a maior parte do território Oliveirense, inclusive a área compreendida pelo aterro. Os principais corpos d'água que cortam a cidade são o Rio Jacaré (afluente do Rio Grande) e Ribeirão Lambari (SAAE, 2022).

No local não foram localizados corpos hídricos nem afloramentos do lençol freático. O curso d'água mais próximo está distante num raio de dois quilômetros do aterro, é uma lagoa artificial utilizada principalmente para irrigação e dessedentação animal. De acordo com ANEXO XX DA PORTARIA DE CONSOLIDAÇÃO Nº 5 DO MINISTÉRIO DA SAÚDE

DE 03 DE OUTUBRO DE 2017, considerando a análise de água realizada em 21 de dezembro de 2022 (anexo C), a amostra enquadra-se na classe três – águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;
- b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
- c) à pesca amadora;
- d) à recreação de contato secundário; e
- e) à dessedentação de animais (CONAMA, 2005).

4.3.6 Meio biótico

4.3.6.1 Flora

O município de Oliveira-MG está inserido no domínio do bioma Mata Atlântica, segundo Mapa de Biomas do IBGE (2004), com manchas de Floresta Estacional Semidecidual Montana e Campos, no entanto, a maioria do território é composto por áreas antropizadas, cuja cobertura e uso do solo é em grande parte agrícola com menor quantidade de áreas silviculturais (IDE SISEMA, 2022).

O município não se encontra entre as áreas prioritárias para conservação de flora no estado de Minas Gerais, segundo o livro Áreas Prioritárias: Estratégia para conservação da biodiversidade e dos ecossistemas de Minas Gerais (IEF, 2020).

A vegetação no entorno do aterro é composta por plantações de café e soja, além de áreas para pastejo do gado. Na proximidade do aterro há cafezal e mais recente uma plantação de soja, além de áreas de pastagem.

Já dentro do perímetro do aterro a vegetação é caracterizada por um fragmento de mata que não sofreu intervenção ao menos nos últimos dez anos, pois a área é cercada e não foi utilizada para depósito de lixo. Há também um fragmento com espécies vegetais características de cerrado, como barbatimão (*Stryphnodendron adstringens*) e lobeira (*Solanum lycocarpum*).

Onde houve intervenção e a vegetação volta a regenerar, essa é marcada pela presença de espécies invasoras como leucena (*Leucaena leucocephala*) e mamona (*Ricinus communis*), além de algumas espécies herbáceas como tiririca (*Cyperus haspan*) e picão-preto (*Bidens pilosa*) (BRIGHENTI, 2010).

4.3.6.2 Fauna

Em relação a ocorrência de espécies da fauna, o município ainda carece de estudos de identificação e monitoramento de animais. Porém, de acordo com o Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Minas Gerais, todo o território de Oliveira está classificado como Baixa em relação a prioridade de conservação da fauna, em relação a todos os grupos animais: invertebrados e vertebrados (mastofauna, avifauna, herpetofauna e ictiofauna) (IDESISEMA, 2022).

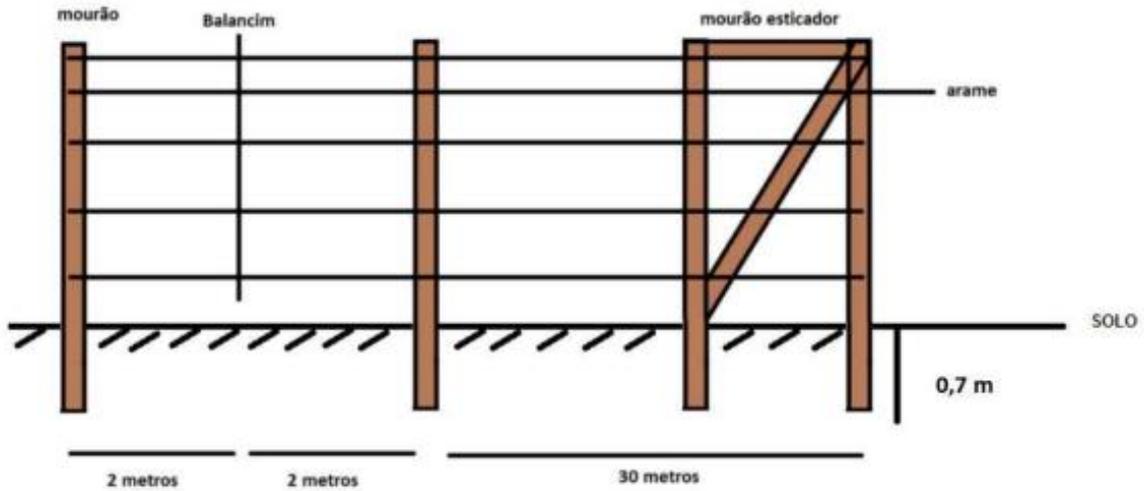
4.4 Implantação do processo

Em virtude da continuidade dos processos físicos, químicos e biológicos atuantes sobre a massa de resíduos, torna-se necessária a adoção de medidas que minimizem o quadro de degradação ambiental. Essas medidas devem ser executadas de maneira a minimizar os impactos existentes no local, assim como aqueles que potencialmente ocorram no futuro. Seguindo a metodologia utilizada, o Caderno Técnico de Reabilitação de Áreas Degradadas por Resíduos Sólidos Urbanos (FEAM, 2010), recomenda-se a realização das seguintes etapas.

4.4.1 Isolamento e identificação do local

Todo o perímetro, levantado topograficamente, deverá ser isolado, a fim de evitar o trânsito de pessoas, veículos e pisoteio do gado. Desta forma recomenda-se a manutenção do cercamento existente e a feitura deste, onde não há. Para execução de cercamento, será utilizado o seguinte modelo: Cerca utilizando cinco fios de arame farpado, com mourões dispostos a cada quatro metros, e entre eles a uma distância de dois metros serão utilizados balancins. Os mourões devem ser enterrados no solo a uma profundidade de 70 cm. A cada 30 m ou distância menor quando a topografia não permitir deverá ser utilizado o mourão esticador. Conforme a figura 3.

Figura 3 - Modelo de cercamento.



Fonte: <https://www.finatec.org.br/compras-e-licitacoes/> (2021).

Feito o isolamento, deverão ser instaladas placas de identificação do local e de advertências. Assim, nas duas entradas possíveis do aterro deverão ser implantadas porteiras e placas com informações e advertências. Como exemplo: atividades encerradas, área particular, proibida a entrada e a disposição de quaisquer tipos de resíduos. Por meio da resolução 160 de 22 de abril de 2004, o Conselho Nacional de Trânsito - CONTRAN, indica que sinais de forma retangular quando afixada em vias rurais (estradas), devem possuir no mínimo as seguintes dimensões: lado maior 0,8 m, lado menor 0,4 m, orla externa 0,010 m, orla interna 0,020 m.

Ao longo do cercamento, a cada cinco metros deverão ser afixadas placas de advertência, com dimensão sugerida 0,2 x 0,2 m. Assim, espera-se que não haja disposição de novos resíduos no local e ocorra melhoria na capacidade de regeneração natural.

4.4.2 Arrumação dos resíduos e recomposição topográfica

A recomposição topográfica do terreno trata do conjunto de obras realizadas no relevo local, visando obter uma composição estética harmoniosa à percepção humana e ainda alcançar a estabilidade do terreno, controlar a erosão, assim como suavizar as feições de acordo com o uso futuro pretendido (FEAM, 2018).

Deve-se executar o nivelamento nos locais onde houve disposição de resíduos, de forma abaulada. Para evitar o acúmulo de águas de chuva sobre os maciços e ficar em cota superior à do terreno, prevendo-se possíveis recalques.

4.4.3 Recobrimento dos resíduos

A camada de cobertura de solo compactado tem a função de controlar a entrada de água e ar para dentro do aterro; minimizar a migração dos gases gerados para a atmosfera; servir como elemento de redução de odor; vetores de doença e facilitar a recomposição da paisagem (CATAPRETA, 2008).

Os maciços deverão ser recobertos com uma camada de argila compactada de no mínimo 0,5 m, nas superfícies e nos taludes laterais. A impermeabilização com argila compactada é normalmente feita com uma argila ou uma mistura de solos com bentonita, e deve possuir algumas características específicas, como:

- a) ter pelo menos 20% de partículas finas (com dimensões de argila e silte fino);
- b) o índice de plasticidade (IP) deve ser maior que 10;
- c) não deve ter mais de 10% de partículas com dimensões de pedregulho;
- d) não deve conter partículas ou pedaços de rocha maiores que 0,25 a 0,5 cm.

O tamanho dos torrões tem grande influência na condutividade hidráulica da argila compactada (PALOMINO, 2017). Durante a compactação, portanto, é necessário quebrar mecanicamente os torrões até que sejam divididos em fragmentos do menor tamanho possível. Um rolo compressor pode auxiliar nesse processo.

$$4,09 \text{ ha} = 40900 \text{ m}^2$$

$$40900 \text{ m}^2 * 0,5 \text{ m} = 20450 \text{ m}^3 \text{ de argila impermeabilizante}$$

4.4.4 Limpeza geral

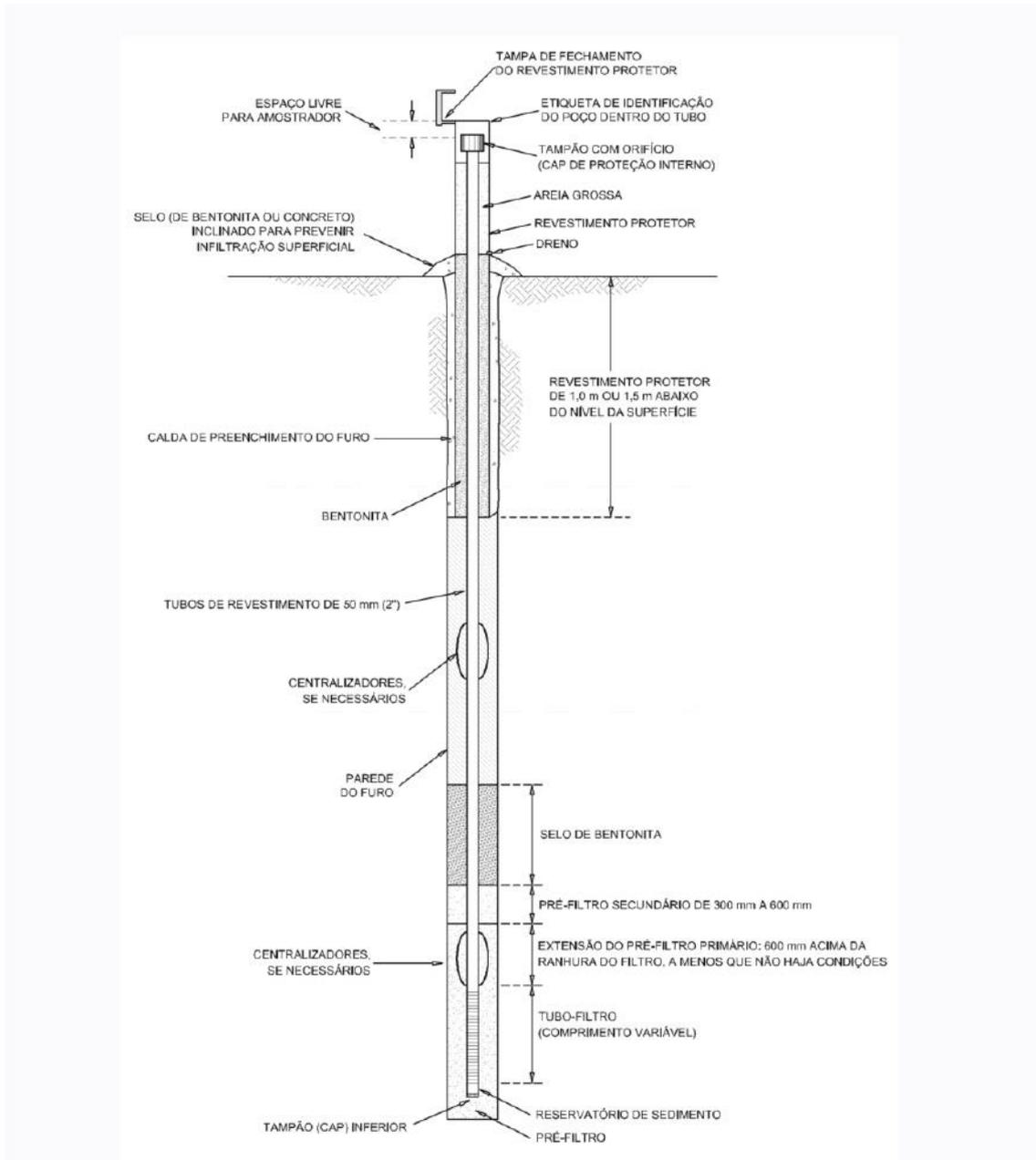
Após o recobrimento dos resíduos deve ser feita a catação dos materiais carreados pelo vento e pelos animais, constituídos basicamente de sacolas plásticas, melhorando o aspecto visual do ambiente e impedindo o arraste desses materiais.

4.4.5 Instrumentação de monitoramento

A instalação de piezômetros para o monitoramento de águas subterrâneas é de extrema importância, para avaliar a qualidade da água e uma possível contaminação do lençol freático pelos líquidos percolados, uma vez que o aterro não possui camada de impermeabilização de base. Eles deverão ser instalados a montante e a jusante do depósito de lixo, de acordo com os procedimentos da ABNT NBR 15495/2007, poços de monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulares (figura 4).

Já o objetivo da instalação dos marcos superficiais (MS) é o acompanhamento dos deslocamentos verticais e horizontais do maciço em relação a uma referência indeslocável (conhecida como Bench Mark - BM). Os MS são instrumentos simples, basicamente constituídos de elementos metálicos que propiciam repetitividade, no que se refere ao posicionamento do prisma topográfico, durante o processo de leitura.

Figura 4 - Projeto de poço de monitoramento com revestimento simples.



Fonte: ABNT (2007).

4.4.6 Drenagem pluvial

O sistema de drenagem de águas pluviais tem a finalidade de interceptar e desviar o escoamento superficial das águas pluviais, evitando sua contaminação, infiltração na massa de resíduos e que se instalem e/ou evoluam processos erosivos.

Nos aterros em geral, o sistema de drenagem de águas pluviais é constituído por canaletas de concreto, associadas a escadas d'água e tubos. As águas precipitadas devem ser

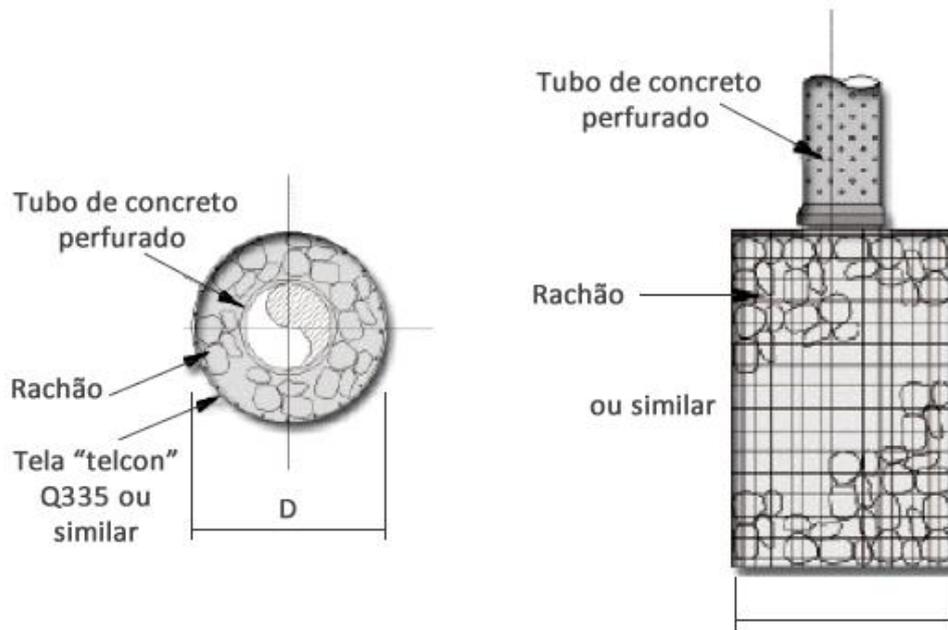
captadas e desviadas por canaletas escavadas no terreno original, acompanhando as cotas das curvas de nível, de forma a conferir declividade ao dreno (D'ALMEIDA, 2000). As canaletas destinarão a água a um bolsão lateral já existente, o que permitirá a infiltração da água sem interferir na dinâmica de seu ciclo.

4.4.7 Drenagem de gás

O sistema de drenagem de biogás tem a função de drenar os gases provenientes da decomposição da matéria orgânica, evitando sua migração através dos meios porosos que constituem o solo. Os drenos normalmente são constituídos por tubos perfurados, sobrepostos e envoltos por uma camisa de brita (de espessura igual ao diâmetro do tubo utilizado), atravessando verticalmente a massa de resíduos aterrados, desde a base até a superfície superior, constituindo uma chaminé (D'ALMEIDA, 2000). Na extremidade superior dos furos deverá ser colocado um tubo de concreto, destinado à queima dos gases.

O dimensionamento desses drenos depende da vazão de biogás a ser drenada. Segundo ALVES (2010) apud D'ALMEIDA (2000), como não existem modelos de cálculos comprovados, normalmente os drenos são constituídos de forma empírica, prevalecendo o bom senso do projetista. Serão construídos dois drenos no maciço recente de depósito de lixo, seguindo o sugerido pela FEAM (2010), furos com 40 cm de diâmetro, preenchidos por britas de tamanho quatro.

Figura 5 - Esquema gráfico dos elementos que compõe o sistema de drenagem de gases.



Fonte: Adaptado de <http://tics.ifsul.edu.br/> (2023).

4.4.8 Camada de terra

Após o recobrimento, deve ser lançada uma camada de terra e/ou composto orgânico, para a implantação da cobertura vegetal, pois nestes substratos, pobres em nutrientes, a vegetação fica praticamente impossibilitada de se desenvolver (CORRÊA, 2007). Sendo necessário introduzir neste horizonte uma camada de solo fértil e rico em matéria orgânica, com intuito de fornecer à área degradada boas condições ao desenvolvimento de vegetação.

Um solo considerado fértil é aquele que contém todos os nutrientes em quantidades suficientes e balanceadas, em formas assimiláveis; possui boas características físicas, químicas e microbiológicas e é livre de elementos tóxicos (RONQUIN, 2007).

4.4.9 Cobertura vegetal

A revegetação deve ser entendida como uma das práticas que visam promover a cobertura do solo diminuindo as chances da evolução de processos erosivos e conseqüentemente proteger os recursos hídricos. Para a recuperação de ecossistemas, a inserção de vegetação deve, sempre que possível, priorizar as espécies nativas (MINAS GERAIS, 2018).

4.4.10 Revegetação das áreas com depósito de resíduo

Estabelecer uma camada herbácea rasteira pode proporcionar grande estabilidade ao substrato e à paisagem. Além do controle da erosão, a camada herbácea melhora a estrutura e aumenta o teor de matéria orgânica do substrato, funcionando como adubação verde. As melhorias proporcionadas pela camada rasteira ao substrato exposto podem permitir que sementes de outras ervas, arbustos e árvores se desenvolvam no local, havendo, dessa forma, a aceleração do processo de sucessão.

A mistura de gramíneas e leguminosas é quase sempre a opção escolhida para compor o estrato herbáceo em projetos de revegetação. As gramíneas produzem grande biomassa aérea e subterrânea (raízes), que evitam erosão e aumentam o teor de carbono do solo em processo de construção. As leguminosas associam-se com bactérias do gênero *Rhizobium*, que habitam suas raízes e fixam nitrogênio do ar, adubando o substrato com esse nutriente. Os teores de matéria orgânica em substratos que recebem plantios mistos de leguminosas com espécies de outras famílias são maiores do que em substratos cobertos com plantios homogêneos (DA SILVA *et al.*, 2004).

Embora deva-se priorizar espécies nativas do bioma, a cobertura herbácea escolhida neste projeto é constituída de espécies exóticas. Isso se dá devido ao elevado grau de perturbação da área e a necessidade de uma rápida cobertura do solo, reduzindo assim a erosão e lixiviação de nutrientes. As espécies possuem alta rusticidade, capacidade de crescimento e produção de biomassa, além de serem tolerantes a condições adversas de clima e solo. Algumas também são capazes de realizar fixação biológica de nitrogênio, como a crotalária e o feijão guandu. Um dos motivos para o uso de espécies não nativas do estrato herbáceo é a ausência de conhecimento e de sementes para aquisição de espécies nativas.

A figura 6 ilustra a área com resíduos dentro do aterro controlado.

Tabela 1 - Espécies utilizadas na composição do estrato herbáceo.

| Família | Espécie | Nome comum | Proporção (%) |
|---------------------|-----------------------------|------------------------|----------------------|
| Poaceae | | | |
| | <i>Urochloa ruziziensis</i> | Brachiaria ruziziensis | 6,5 |
| | <i>Cenchrus americanus</i> | Milheto | 6,5 |
| Fabaceae | | | |
| | <i>Cajanus cajan</i> | Feijão guandu | 10 |
| | <i>Crotalaria sp.</i> | Crotalaria | 33 |
| Polygonaceae | | | |
| | <i>Fagopyrum esculentum</i> | Trigo mourisco | 31 |
| Brassicaceae | | | |
| | <i>Crambe hispanica</i> | Crambe | 6,5 |
| | <i>Raphanus sativus</i> | Nabo forrageiro | 6,5 |
| Total | | | 100 |

Fonte: da autora (2023).

As sementes serão misturadas na proporção indicada e espalhadas à lanço, seguindo a recomendação do fabricante (30kg/ha), no período chuvoso, de acordo com o cronograma anexo. Será necessário um total 122,7 kg do mix de sementes.

$$4,09\text{ha} * 30\text{kg} = 122,7 \text{ kg}$$

Figura 6 - Área com resíduo dentro do aterro controlado.



Fonte: da autora (2023).

4.4.11 Revegetação das áreas nuas remanescentes

Devido à baixa espessura da camada de cobertura do solo nas áreas em que houve recobrimento dos maciços, o plantio arbóreo será restrito às áreas em que não tiveram intervenção. De acordo com (CARPANEZZI, 1997), quando o terreno permitir o plantio de árvores, essas devem ser principalmente de espécies leguminosas pioneiras, facilitadoras da sucessão e espécies zoocóricas rústicas.

Espécies pioneiras conseguem crescer em solos de baixa fertilidade e apresentam maior eficiência no uso de nutrientes fornecidos por meio da adubação (POGGIANI; SCHUMACHER, 2004). Essas espécies colonizadoras alteram o ambiente ao transferirem

nutrientes do solo para a biomassa, elevarem a matéria orgânica do solo, alterarem o microclima, reduzirem a flutuação de temperatura no estrato inferior e aumentarem a umidade do ar. Essas modificações facilitam a entrada de espécies de outros grupos ecológicos, acelerando o processo de sucessão (GONÇALVES *et al.*, 2004).

As espécies facilitadoras auxiliam o estabelecimento espontâneo de outras no local em recuperação. Elas geralmente atraem um variado número de animais e microrganismos, (CORRÊA *et al.* 2005). Estudos mostram que o funcionamento de ecossistemas prescinde da diversidade completa da comunidade, podendo ser mantido com um reduzido número de espécies, sobretudo espécies-chave e espécies facilitadoras da sucessão (LYONS *et al.*, 2005). Assim, a recuperação de pequenas áreas degradadas, não requer a reintrodução de todas as espécies originalmente presentes no local, mas apenas daquelas tolerantes e adaptadas às condições severas do local (PRIMACK; RODRIGUES, 2002) e que irão promover as melhorias necessárias para a evolução do novo ecossistema.

Utilizando desses conhecimentos e considerando os resultados obtidos por Resende *et al.* (2015), as espécies arbóreas indicadas para plantio local, seguem na tabela dois.

Tabela 2 - Espécies utilizadas na composição do estrato arbóreo.

| Família | Espécie | Nome comum | Quantidade de mudas |
|------------------------|---------------------------------|---------------------|----------------------------|
| Melastomataceae | | | |
| | <i>Miconia cinerascens</i> | Pixirica | 171 |
| Asteraceae | | | |
| | <i>Eremanthus erythropappus</i> | Candeia | 171 |
| Fabaceae | | | |
| | <i>Senegalia polyphylla</i> | Monjoleiro | 171 |
| | <i>Bauhinia forficata</i> | Pata de vaca | 171 |
| | <i>Erythrina falcata</i> | Corticeira da serra | 171 |
| | <i>Senna multijuga</i> | Pau cigarra | 171 |
| | <i>Schizolobium parahyba</i> | Guapuruvu | 171 |
| Anacardiaceae | | | |
| | <i>Schinus terebinthifolia</i> | Aroeira vermelha | 171 |
| Cannabaceae | | | |
| | <i>Trema micrantha</i> | Pau-pólvora | 171 |
| Malvaceae | | | |
| | <i>Guazuma ulmifolia</i> | Mutamba | 172 |
| Total | | | 1711 |

Fonte: da autora (2023).

Utilizando um espaçamento médio de três por três metros, serão necessárias 1711 mudas, que serão dispostas nos locais onde não houve depósito de resíduos. As covas de plantio deverão ser abertas nas dimensões de 0,15 x 0,15 m e preparadas com uma mistura de terra, adubos e calcário.

$$5,63 - 4,09 = 1,54 \text{ ha}$$

$$15400 \text{ m}^2 / 9 \text{ m}^2 = 1711 \text{ covas}$$

4.4.12 Definição de uso futuro da área

A área será devolvida ao locador, de acordo com cláusulas contratuais estabelecidas pela procuradoria geral do município, restringindo o uso futuro da área e contemplando as obrigações de manutenção e monitoramento. Considerando que os resíduos aterrados ainda permanecem em processo de decomposição por períodos relativamente longos, que podem ultrapassar dez anos, em função dos possíveis problemas relacionados à baixa capacidade de suporte do terreno e a possibilidade de infiltração de gases com alto poder combustível e explosivo, a implantação de edificações sobre aterros desativados é desaconselhável (FEAM, 1995).

Aterros encerrados em áreas urbanizadas costumam ser transformados em praças e parques, diferindo do aterro de Oliveira que está situado na zona rural. Assim, recomenda-se que a área seja inutilizada, e qualquer intervenção no local deverá ser precedida de autorização da Secretaria Municipal de Agricultura e Meio Ambiente, visando a segurança da comunidade e do meio ambiente. A restrição de uso deverá ser reavaliada após 10 anos.

4.5 Manutenção

O planejamento da manutenção após o encerramento do aterro controlado de Oliveira, considera todas as ações que venham a ser necessárias para a garantia da integridade dos sistemas de cobertura, proteção, drenagem e acessos, também englobando os instrumentos de monitoramento geotécnico e ambiental. Resguardando assim, a continuidade das ações de controle do passivo ambiental, até a sua consolidação. Sendo de responsabilidade da prefeitura municipal e compreendendo as atividades descritas a seguir.

4.5.1 Manutenção da cobertura vegetal

4.5.1.1 Controle de plantas invasoras

As plantas indesejadas podem influenciar no desenvolvimento das espécies desejadas pela competição por água, luz e nutrientes. Com isso, há necessidade de controle, principalmente, por meio do coroamento (capina em torno das mudas) em áreas arbóreas. O coroamento é feito em um raio correspondente à projeção da copa para ser eficiente. Essa intervenção é para que não haja supressão das mudas que irão compor as espécies utilizadas para recuperação da área. Em áreas com herbáceas, será adotado o corte raso das espécies lenhosas invasoras. Não é recomendado o controle químico no local.

4.5.1.2 Controle das formigas cortadeiras

As formigas cortadeiras do gênero *Atta spp.* (saúvas) e *Acromyrmex spp.* (quenquéns) prejudicam o desenvolvimento do plantio. Sendo assim, é necessário que o combate seja feito tanto na área quanto nas proximidades. Para o controle das formigas, o método utilizado serão as iscas formicidas, espalhadas por toda a área em doses aplicadas de acordo com o recomendado pelo fabricante. Esse procedimento deve ser realizado anteriormente e posteriormente ao plantio, de acordo com a necessidade.

4.5.1.3 Replantios e semeaduras

Na área de revegetação com espécies arbóreas, para o replantio é necessário observar a mortalidade das mudas na área. A primeira análise será feita 30 dias após o plantio, e todas as mudas mortas deveram ser replantadas, independente do percentual de mortalidade do plantio. Ao longo do monitoramento da área deve-se analisar a taxa de sobrevivência das mudas. Assim tem-se uma estimativa do sucesso da implantação, auxiliando na necessidade e porcentagem de mudas para o replantio. A taxa de sobrevivência considerada aceitável será de até 80%.

Na área sobre os resíduos para uma nova semeadura é necessário verificar a taxa de cobertura do solo pelas espécies herbáceas. A avaliação será baseada no Índice de Área Foliar (IAF), que é uma variável biofísica que expressa a taxa de crescimento de uma determinada

comunidade vegetal, representando a capacidade que a planta tem para explorar o espaço disponível. Tendo como referenciais mínimos ao longo do tempo (ART, 2001):

- a) após 1º ano: cobertura acima de 40%;
- b) após 2º ano: cobertura acima de 60%;
- c) quando acima de 80%, a cobertura será considerada estabelecida.

$$\text{Taxa de sobrevivência} = (\text{N}^\circ \text{ de plantas vivas} / \text{N}^\circ \text{ total de plantas}) * 100$$

$$\text{IAF} = (\text{Superfície total das folhas} / \text{Superfície total do terreno}) * 100$$

4.5.2 Manutenção do isolamento e sinalização

As cercas precisam ser checadas observando se houve tentativa de entrada de animais ou pessoas e disposição ilegal de resíduos. Geralmente após 5 anos, algumas madeiras costumam começar a quebrar, caso seja constatado mourões com danos é necessária sua substituição. A sinalização deve ser mantida visível, ocorrendo troca das placas, se necessário.

4.6 Monitoramento

O monitoramento será efetuado por meio dos dados obtidos através de vistorias e inspeções *in loco*, por fotografias e análises amostrais, de acordo com o cronograma estabelecido. E caso seja necessário, por intermédio de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, utilizando alguns critérios de avaliação descritos. Os relatórios de monitoramento do Projeto de Recuperação de Área Degradada deverão ser realizados pela Secretaria de Agricultura e Meio Ambiente, com a frequência estipulada no cronograma e seus dados servirão de base para a elaboração do relatório de avaliação, ao final do projeto.

4.6.1 Estabilidade do maciço

Deve-se verificar a estabilidade do terreno em relação a processos erosivos e movimentação da massa de resíduos. Procurando por indícios de trincas, afundamentos ou bolsões no terreno, exposição do lixo, entre outros aspectos visuais. Caso seja identificado algum desses processos, deverá ser iniciada a intervenção para controle dos mesmos.

Gilli *et al.* (2000) discorrem que, muito frequentemente, a medição de deslocamentos superficiais é a maneira mais simples de observar a evolução do escorregamento, analisar a

dinâmica do movimento, verificar a resposta a algum agente deflagrador (chuvas por exemplo) ou verificar a eficiência de medidas corretivas.

4.6.2 Sistemas de drenagem

Faz-se necessária a inspeção visual da queima dos gases e a avaliação dos drenos em relação a possíveis danos na estrutura, que possam provocar o rompimento por excesso de temperatura ou desmoronamento por recalque do aterro. Ainda, recomenda-se a realização de análise para verificação das concentrações de CH₄ e CO₂ exalados pelos drenos.

Deverão ser realizadas vistorias no sistema de escoamento das águas pluviais, visando à eficácia quanto às possíveis obstruções que possam causar transbordamentos, processos erosivos nos pontos de descarga d'água e assoreamentos nas faixas de cotas inferiores. O sistema deverá ser vistoriado de acordo com o cronograma e também sempre que ocorrerem chuvas torrenciais.

4.6.3 Qualidade das águas superficiais e subterrâneas

Para fins de precaução e segurança, as águas superficiais e subterrâneas deverão ser monitoradas com a realização de análises físico-químicas e bacteriológicas por laboratórios legalmente habilitados e qualificados, a cada 4 meses, totalizando 3 análises ao ano.

4.6.4 Estabelecimento da vegetação

O sucesso do estabelecimento da vegetação será monitorado observando os parâmetros indicados.

Para o plantio nas áreas nuas remanescentes:

- a) taxa de sobrevivência do plantio de mudas;
- b) crescimento das mudas, quantificado pela medição do DAP e altura;

Para a semeadura nas áreas sob o depósito de resíduos:

- c) estabelecimento da cobertura vegetal, expresso pelo Índice de Área Foliar;
- d) cobertura do solo pelas espécies de interesse, expressa em porcentagem;

Para a área como um todo:

- e) regeneração natural, qualificada e quantificada pela presença de banco de plântulas;
- f) indicadores de resiliência, qualificado pela visitação da fauna e aumento da diversidade vegetal.

4.7 Cronograma físico

Para o planejamento das atividades do PRAD foi elaborado cronograma de atividades. Todas as etapas de implantação do projeto serão realizadas no primeiro ano. Nos demais anos serão realizadas atividades periódicas de manutenção e monitoramento. A tabela 3 demonstra as etapas do PRAD no aterro controlado de Oliveira, Minas Gerais.

Tabela 3 - Cronograma de atividades do PRAD.

| Ano / Bimestres de Atividades | 1º Ano | | | | 2º ao 10º Ano | | | |
|---|--------|----|----|----|---------------|----|----|----|
| | 1º | 2º | 3º | 4º | 1º | 2º | 3º | 4º |
| Implantação | | | | | | | | |
| Isolamento e identificação do local | ■ | | | | | | | |
| Arrumação dos resíduos | ■ | ■ | | | | | | |
| Recobrimento dos resíduos | ■ | ■ | | | | | | |
| Limpeza geral | ■ | ■ | | | | | | |
| Instrumentação de monitoramento | ■ | ■ | | | | | | |
| Drenagem pluvial | | ■ | | | | | | |
| Drenagem de gás | | ■ | | | | | | |
| Camada de terra | | | ■ | ■ | | | | |
| Cobertura vegetal | | | ■ | ■ | | | | |
| Manutenção | | | | | | | | |
| Manutenção da cobertura vegetal | | | | | | | ■ | ■ |
| Manutenção do isolamento e sinalização | | | | | | | ■ | ■ |
| Monitoramento | | | | | | | | |
| Estabilidade do maciço | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ |
| Sistemas de drenagem | | | | | ■ | | | ■ |
| Qualidade das águas superficiais e subterrâneas | | | | | ■ | | ■ | ■ |
| Estabelecimento da vegetação | | | | | | | | ■ |
| Relatórios | | | | | | | | |
| Entrega de relatórios aos órgãos competentes | | | | ■ | | | | ■ |

Fonte: da autora (2023).

4.8 Cronograma financeiro

Embora as tecnologias necessárias para o encerramento e remediação de aterros controlados estejam disponíveis no Brasil, os custos são elevados e tornam-se o principal empecilho para o cumprimento da PNRS (IPEA, 2021). Os gastos necessários para a recuperação do aterro de Oliveira estão listados na tabela 4.

Tabela 4 - Orçamento previsto do PRAD.

| Item | Unid. | Custo (R\$)/Unid. | Ano 1 | | Outros anos | | Total | |
|---|----------------|----------------------|---------|---------|-------------|-------|-------|-------|
| | | | Qtd | Custo | Qtd | Custo | Qtd | Custo |
| Trator de esteira com homem e combustível | hora | 154 | 8 (dia) | | | | | |
| Mix de sementes | kg | 19,75 | 122,7 | 2423,33 | | | | |
| Análise superficial de água | un. | 98,55 | 2 | 197,10 | | | | |
| Marco georreferenciado | un. | 20,00 | 1 | 20,00 | | | | |
| Furo de sondagem | un. | 1.150,00 | 2 | 2300,00 | | | | |
| Tubos de concreto | un. | 135,45 | | | | | | |
| Serviços de topografia | un. | 6396,00 | 1 | 6396,00 | | | | |
| Pesagem caminhão lixo | dia | 25,00 | 1 (dia) | 25,00 | | | | |
| Cimento portland (50kg) | sc | 31,93 | | | | | | |
| Cal hidratada (20 kg) | sc | 17,63 | | | | | | |
| Argamassa | sc | 31,97 | | | | | | |
| Areia média lavada | m ³ | 119,67 | | | | | | |
| Arame farpado rolo com 400m | un. | 50,00 | | | | | | |
| Cano pvc de 1/2 (6m) | un. | 13,21 | | | | | | |
| Placa em chapa de aço refletiva | un. | 59,90 | 2 | 119,80 | | | | |
| Mudas arbóreas | un | 4,50 | 1711 | 7699,50 | | | | |

Fonte: da autora (2023).

5 CONCLUSÕES

O estudo apresenta uma visão clara e abrangente das etapas envolvidas na produção de um PRAD para fechamento de um aterro municipal. Além disso, fornece uma visão geral das leis que regem a gestão de resíduos sólidos no Brasil para fornecer uma base para o projeto.

Com a implementação da nova Política Nacional de Resíduos Sólidos, a questão da gestão de resíduos sólidos é cada vez mais relevante, com os municípios tendo que adequar seus sistemas de coleta e destinação não contando com aterros controlados, mas sim com aterros sanitários. No entanto, muitos municípios ainda utilizam aterros controlados que necessitam de fechamento adequado. Neste contexto, o PRAD desempenha um papel importante.

As técnicas de remediação para essas áreas ainda são bastante caras, dificultando sua implementação em municípios menores.

REFERÊNCIAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 10004: Resíduos Sólidos – Classificação. Rio de Janeiro-RJ, 2004.
- ABRELPE - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2022. ABRELPE. São Paulo, 2022 Disponível em: <https://abrelpe.org.br/panorama/>. Acesso em: 02 mar. 2023.
- ALFAIA, R. G. S. M.; COSTA, A. M.; CAMPOS, J. C. Municipal solid waste in Brazil: A review. **Waste Management & Research**, v. 35, n. 12, p. 1195-1209, 2017.
- ALKIMIN, F. F. Arcabouço tectônico do craton de Sao Francisco, uma revisão. In: III **Simpósio do Craton do São Francisco**. Salvador, 1993. p. 45-62.
- ALMEIDA, F. F. M. O cráton do São Francisco. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 7, n. 4, p. 349-364, 1977.
- ALVARES, C. A; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C. M.; GONÇALVES, J. L.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, Stuttgart v.22, p. 711-728, 2013.
- ALVES, R. L. Execução do projeto de drenagem sub-superficial de biogás, percolados e drenagem de águas pluviais em aterro sanitário. **I Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**. Bauru, São Paulo. 2010.
- ARAÚJO, C.S. **Qualidade do solo da camada de cobertura final em área de disposição de resíduos no semiárido tropical**. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2014.
- BRASIL. Lei 12.305/2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília-DF, p. 21, 2010.
- BRASIL. Lei 14.026/2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e dá outras providências. Brasília: Diário Oficial da União, jul. 2020.
- BRIGHENTI, A. M. **Manual de identificação e manejo de plantas daninhas em cultivos de cana-de-açúcar**. 2010.
- CARPANEZZI, A. A.; FOWLER, J. A. P. Quebra da dormência tegumentar de sementes de *Sesbania virgata* (Cav.) Pers. Colombo: Embrapa Florestas, 1997. 2p. **Embrapa Florestas. Comunicado Técnico, 14**.
- CATAPRETA, C. A. C. **Comportamento de um aterro sanitário experimental: avaliação da influência do projeto, construção e operação**. Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008. 316 p.
- CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA n. 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília: Diário Oficial da União, 18 mar. 2005.

CORRÊA, R. S.; SILVA, L. C. R.; MELO FILHO, B. Evolução da diversidade de espécies e da cobertura vegetal em uma área minerada em processo de recuperação no Cerrado do Distrito Federal: contribuição da fauna. **VI Simpósio Nacional e Congresso Latino Americano de Recuperação de Áreas Degradadas - VI SINRAD**. Anais, Trabalhos voluntários orais, p.99106. Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas/SOBRADE. Curitiba, 2005.

CORRÊA, R. S. Recuperação de áreas degradadas pela mineração no Cerrado: Manual para revegetação. Brasília - DF: **Universa Livros**, 2007. 169 p

DAI PRÁ, L. B. *et al.* Avaliação de ciclo de vida (ACV) aplicada à gestão de resíduos sólidos urbanos (RSU) em aterros: uma revisão. **Revista brasileira de planejamento e desenvolvimento**, v. 7, n. 3, p. 353-364, 2018.

D'ALMEIDA, M. L. O., VILHENA, A. Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado. São Paulo: IPT/CEMPRE, 2000.

DA SILVA, S. A. F. *et al.* Caracterização de impactos ambientais causados por um vazadouro na cidade de Mogeiro – PB. **Encontro Nacional de Educação, Ciência e Tecnologia**, 2012.

DEUS, R. M. *et al.* Scenario evaluation for the management of household solid waste in small Brazilian municipalities. **Clean Technologies and Environmental Policy**, v. 19, n. 1, p. 205-214, 2017.

FEAM - FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. **Como destinar os resíduos sólidos urbanos**. Belo Horizonte: FEAM, 1995. 47 p.

FEAM - FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. **Reabilitação de áreas degradadas por resíduos sólidos urbanos**. Fundação Estadual do Meio Ambiente; Fundação Israel Pinheiro. Belo Horizonte: FEAM, 2010.

FEAM - Fundação Estadual do Meio Ambiente. Áreas Degradadas. **Elaboração de cartilha para recuperação de áreas mineradas**. Belo Horizonte: FEAM, 2018. 101p.

GILLI, J. A.; COROMINAS, J.; RIUS, J. Using Global Positioning System techniques in landslide monitoring. **Engineering Geology**, 55, pp. 167-192; 2000.

GOMES, P. N. *et al.* Levantamento dos impactos socioambientais na área do lixão a céu aberto no Município de Corrente, Estado do Piauí, Nordeste do Brasil. **Revista brasileira de gestão ambiental e sustentabilidade**, v. 6, n. 13, p. 469-480, 2019.

GONÇALVES, J. L. M.; SANTARELLI, E. G.; NETO, S. P. M.; MANARA, M. P. Seedling production of native species: substrate, nutrition, shading, and fertilization. In: Gonçalves, J.L.M. & Benedetti, V. (orgs). Piracicaba. **Forest nutrition and fertilization**. Instituto de Pesquisas Florestais e Estudos Florestais, il. São Paulo, 2004. p.307-345.

GUIMARÃES, D. P.; DOS REIS, R. J.; LANDAU, E. C. **Índices pluviométricos em Minas Gerais**. 2010.

GUIMARÃES, C. C. *et al.* Proposta metodológica para o encerramento e recuperação de áreas de disposição irregular de resíduos sólidos. **Revista IPT: Tecnologia e Inovação**, v. 5, n. 18, 2021.

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Instrução Normativa n. 4, de 13 de abril de 2011. Estabelece procedimentos para elaboração de Projeto de Recuperação de Área Degradada - PRAD ou Área Alterada, para fins de cumprimento da legislação ambiental, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/component/legislacao/?view=legislacao&legislacao=118064>. Acesso em 12 jan. 2023.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Biomass e Sistema Costeiro-Marinho do Brasil 1:250 000**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/informacoes-ambientais/15842-biomass.html?=&t=acesso-ao-produto>. Acesso em: 12 jan. 2023.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico**. Rio de Janeiro, 2010.

IBGE. **Estimativa populacional**. 28 de agosto de 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html>. Acesso em: 12 de janeiro de 2023.

IEF - Instituto Estadual de Florestas. **Áreas Prioritárias: Estratégias para a Conservação da Biodiversidade dos Ecossistemas de Minas Gerais**. Belo Horizonte: IEF, 2020.

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil: desafios tecnológicos, políticos e econômicos**. 01 de outubro de 2021. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/cts/pt/central-de-conteudo/artigos/artigos/217-residuos-solidos-urbanos-no-brasil-desafios-tecnologicos-politicos-e-economicos>. Acesso em: 12 de janeiro de 2023.

LIMA, P. M. *et al.* Environmental assessment of existing and alternative options for management of municipal solid waste in Brazil. **Waste management**, v. 78, p. 857-870, 2018.

LINS, E. A. M. *et al.* Estratégias de recuperação ambiental do lixão de Afogados da Ingazeira–PE. **XII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**, 2021.

LOMOLINO, A. L. G. *et al.* Uma alternativa aos lixões irregulares: o plano de recuperação de área degradada (PRAD) da área do lixão do município de Estrela do Sul-MG. **Observatorium**, v. 11, n. 03, p.34-49, 2020.

LYONS, K. G.; BRIGHAM, C. A.; TRAUT, B. A.; SCHWARTZ, M. W. Rare species and ecosystem functioning. **Conservation Biology**, v.19, n.4, p.1019-1024, 2005.

MACHADO FILHO, L. *et al.* Geologia. Folhas SF-23/24, Rio de Janeiro/Vitória. **Projeto Radam Brasil**, 1983. p. 27-304.

MARIANO NETO, M. *et al.* Proposta para Recuperação de Lixão Situado na Porção Semiárida do Brasil–Município de Paulista, Paraíba. **Espaço Aberto**, v. 11, n. 2, p. 9-23, 2021.

MARINO, A. L.; CHAVES, G. L. D.; DOS SANTOS J., J. L. Do Brazilian municipalities have the technical capacity to implement solid waste management at the local level?. **Journal of Cleaner Production**, v. 188, p. 378-386, 2018.

MINAS GERAIS. Lei 18.031/2009. Dispõe sobre a Política Estadual de Resíduos Sólidos. Belo Horizonte: Diário do Executivo, 26 set. 2009.

OLIVEIRA, L. F. C. *et al.* Sorção e mobilidade do lítio em solos de áreas de disposição final de resíduos sólidos urbanos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 18, p. 139-148, 2013.

PALOMINO, C. F. Comparativo entre Geomembrana PEAD x Argila em Sistemas Impermeabilizantes. **LinkedIn**, 2017. Disponível em: <https://www.linkedin.com/pulse/comparativo-entre-geomembrana-pead-x-argila-em-fofonka-palomino/?originalSubdomain=pt>. Acesso em: 20 jan. 2023.

POGGIANI, F.; SCHUMACHER, M.V. Nutrient cycling in native forests. In: Gonçalves, J. L. M.; Benedetti, V. (orgs). Piracicaba. **Forest nutrition and fertilization**. Instituto de Pesquisas Florestais e Estudos Florestais, il. São Paulo, 2004. p.285-305.

PNUD - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. **Atlas do Desenvolvimento Humano**. 2010. Disponível em: <http://www.atlasbrasil.org.br/ranking>. Acesso em: 12 jan. 2023.

PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E. **Biologia da conservação**. Londrina, 2002. 328p.

QUADROS, A.; AUDIBERT, J. L.; FERNANDES, F. Decaimento das emissões de biogás após um ano do encerramento de um aterro controlado de uma cidade de 500.000 habitantes. **Semina Ciências Exatas e Tecnológicas**, Londrina, v. 39, n. 1, p. 61-72, jan./jun. 2018.

RESENDE, L. A. *et al.* Crescimento e sobrevivência de espécies arbóreas em diferentes modelos de plantio na recuperação de área degradada por disposição de resíduos sólidos urbanos. **Revista Árvore**, v. 39, p. 147-157, 2015.

RONQUIM, C. C. Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais - 2.ed. Campinas: Embrapa Territorial, 2020. 34 p.: il. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Territorial, ISSN 1806-3322; 35**.

ROSA, A. S.; DALMORIN, R. S. D. Fauna edáfica em solo construído, campo nativo e lavoura anual. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, p. 913-917, 2009.

SAAE – SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO. Município de Oliveira. Disponível em <https://www.saaeoliveira.com.br/municipio#conteudo>. Acesso em 12 de dezembro de 2022.

SILVA, R. C. *et al.* **Vulnerabilidade socioambiental a desastres na bacia hidrográfica do Rio Itacorubi, Florianópolis, SC.** Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

SISEMA. Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Belo Horizonte: IDE - SISEMA, 2021. Disponível em: idesisema.meioambiente.mg.gov.br. Acesso em: 27 nov. 2022.

TAVARES, S. R. L. *et al.* **Curso de recuperação de áreas degradadas: a visão da ciência do solo no contexto do diagnóstico, manejo, indicadores de monitoramento e estratégias de recuperação.** Embrapa Solos-Documents (INFOTECA-E), 2008.

TRAVASSOS, L. E. P. **Princípios de carstologia e geomorfologia cárstica.** ICMBio, Brasília, 2019.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO, COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS - CPRM/SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Oliveira- SF.23-X-A-IV, escala 1:100.000: nota explicativa integrada com Oliveira. Minas Gerais: UFOP/CPRM, 2007. 114p; 01 mapa geológico (Série Programa de Geologia do Brasil – PGB).

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA; FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS; UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS; FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. **Mapa de solos do estado de Minas Gerais: legenda expandida.** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2010. 49 p.

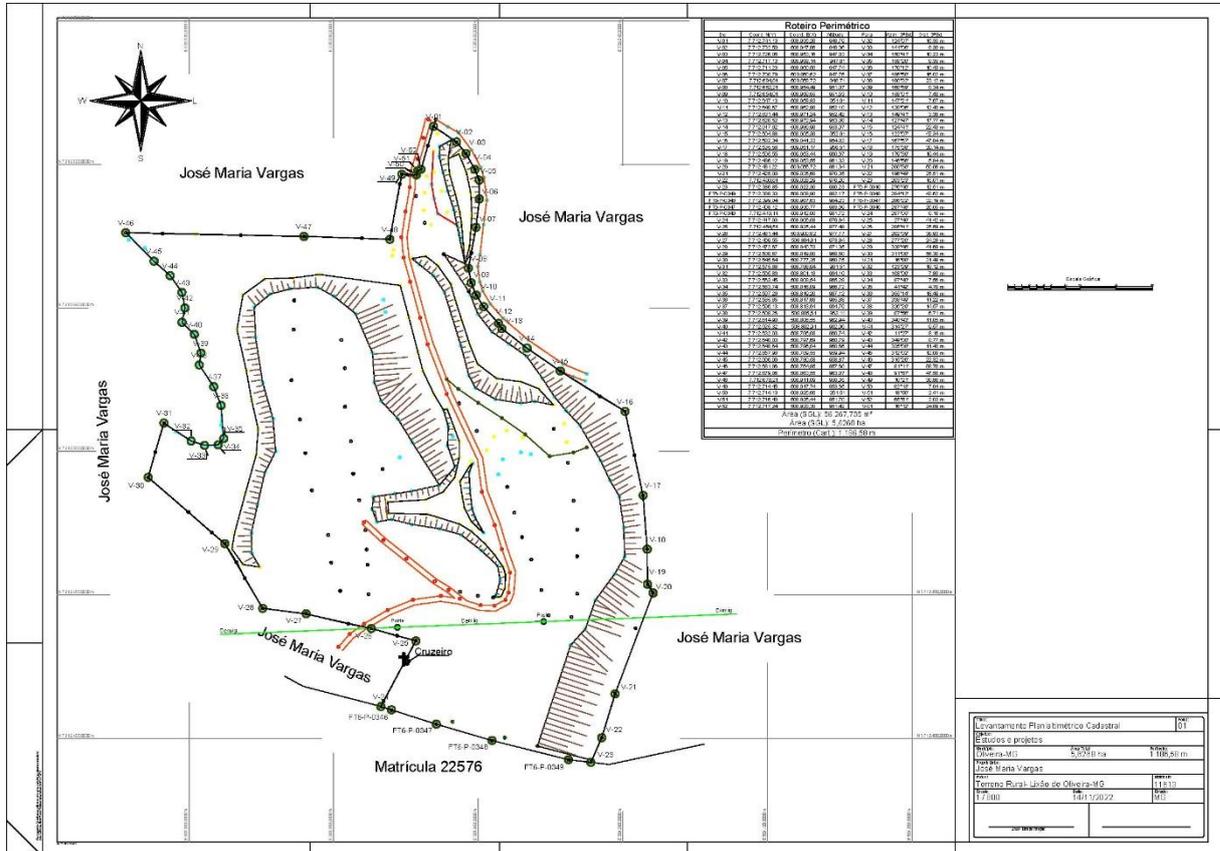
VESENTINI, J. W. **Geografia: o mundo em transição.** São Paulo: Editora Ática, 2012. 269 p.

WEATHER SPARK. **The Weather Year Round Anywhere on Earth.** Disponível em: <https://weatherspark.com/y/30487/Average-Weather-in-Oliveira-Brazil-Year-Round>. Acesso em: 07 dez. 2022.

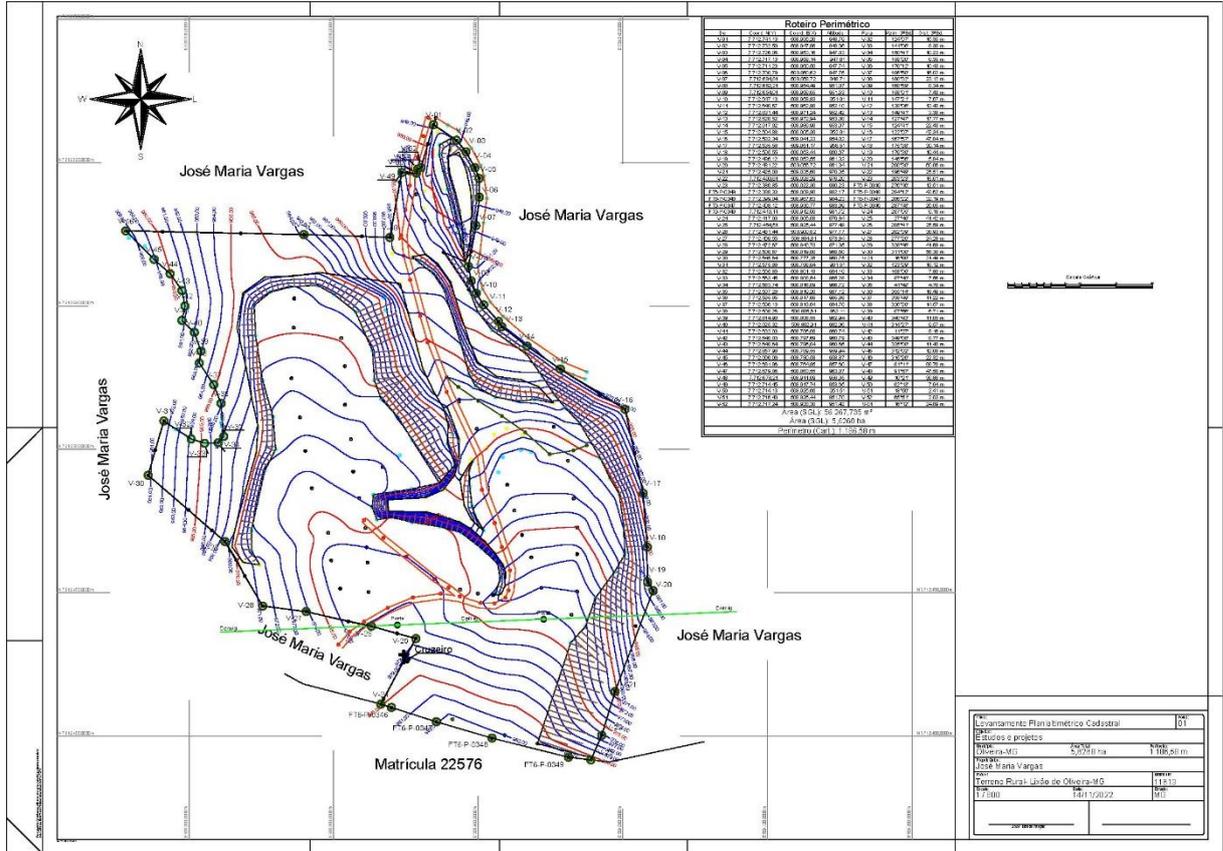
ZANINI, S. R.D.; LESSA, V. N. Gestão de resíduos sólidos: o resíduo urbano e sua alocação no município de Pelotas. **Revista Eletrônica Academicus**, v. 1, n. 1, p. 25-42, 2013.

ANEXOS

ANEXO A – LEVANTAMENTO PLANIMÉTRICO.



ANEXO B – LEVANTAMENTO PLANIALTIMÉTRICO.



ANEXO C – ANÁLISE DE ÁGUA.



RELATÓRIO PARA TERCEIROS

SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO

CNPJ: 22.988.000/0001-84 | Praça Maria José Cambrala Ribeiro, 180 | Oliveira, MG | Telefone: (37) 3331-4333

Emissão do Relatório: 23/12/2022 - 11:08 | Data do Sistema: 23/12/2022

Imprimir | Voltar | Fechar Janela

| SOLICITANTE FLAVIA MARIA REIS ALMEIDA | | REQUERIMENTO 000975112022-2 | | |
|---|--|-----------------------------|-----------|--------------|
| ENDEREÇO PARQUE MUNICIPAL JOÃO REIS, OLIVEIRA - MG | | TELEFONE (37)998022470 | | |
| DATA DA COLETA 21/12/2022 | HORA DA COLETA 14:30 | LOCAL DA COLETA LAGOA | | |
| DATA DA ANÁLISE 21/12/2022 | LEITURA 15:30 | CHUVA NAS ÚLTIMAS 24h SIM | | |
| COLETOR Servidor do SAAE - MARIA ALICE COSTA | | | | |
| TIPO DE ÁGUA BRUTA | | PROCEDÊNCIA LAGOA | | |
| ANÁLISES FÍSICO QUÍMICAS | | UNIDADE | VMP* | RESULTADO |
| TURBIDEZ | | uT | 1,5 | 58,5 |
| pH | | - | 9,5 | 7,76 |
| FERRO | | mg/L | 0,30 | 1,75 |
| ALUMÍNIO | | mg/L | 0,20 | 0,060 |
| MANGANÊS | | mg/L | 0,10 | 0,142 |
| CONDUTIVIDADE | | uS/cm | - | 62,9 |
| COR APARENTE | | uH | 15 | 256 |
| TEMPERATURA AMBIENTE | | °C | - | 26,5 |
| TEMPERATURA DA AMOSTRA | | °C | - | 27,5 |
| * VMP - Valor Máximo Permitido - Anexo XX da Portaria de Consolidação Nº 5 Turbidez: o VMP é 1,0 uT para água entrando no sistema de distribuição e 5,0 uT para água na rede de distribuição. | | | | |
| ANÁLISES BACTERIOLÓGICAS | | VMP* | RESULTADO | CONTAMINAÇÃO |
| Coliformes Totais/100ml, após incubação por 24h a 35,5 °C | | Ausência | 1011,2 | SIM |
| Escherichia Coli/100ml, após incubação por 24h a 35,5 °C | | Ausência | 45,7 | SIM |
| Técnica Utilizada: Substrato Cromogênico: Presença/Ausência VMP - Valor Máximo Permitido - Anexo XX da Portaria de Consolidação Nº 5 | | | | |
| IMPORTANTE: ESTE RESULTADO TEM SIGNIFICAÇÃO RESTRITA E SE APLICA TÃO SOMENTE À AMOSTRA E AOS PARÂMETROS ANALISADOS. | | | | |
| CONSIDERAÇÕES SOBRE OS RESULTADOS FINAIS | | | | |
| ÁGUA IMPRÓPRIA PARA CONSUMO HUMANO, CONFORME ANEXO XX DA PORTARIA DE CONSOLIDAÇÃO Nº 5. | | | | |
| ENTENDENDO OS PARÂMETROS ANALISADOS | | | | |
| TURBIDEZ | É a medida da transparência de uma amostra ou corpo de água, ela é causada pela presença de substâncias suspensas e coloidais tais como: argila, sedimentos, matéria orgânica e inorgânica, organismos microscópicos e algas. É um parâmetro de aspecto estético de aceitação ou rejeição do produto. | | | |
| CLORO RESIDUAL LIVRE | É um agente bactericida, adicionado à água para eliminar bactérias e outros microorganismos. Cloro Residual Livre é a quantidade de cloro que fica na água após a desinfecção. É uma reserva contra uma possível contaminação que a água possa sofrer nas redes e residências. | | | |
| pH | É a abreviatura de pontencial hidrogeniônico, utilizado para indicar maior ou menor grau de acidez de uma solução. Valor 7,00 indica solução neutra, menor que 7,00 indica solução ácida e maior que 7,00 indica solução alcalina ou básica. É um parâmetro operacional utilizado para otimizar os processos de tratamento e preservar contra corrosões as tubulações da rede de distribuição. Não tem risco sanitário associado diretamente à sua medida. | | | |
| FLUOR | É um elemento químico adicionado à água durante o tratamento devido a sua eficácia na proteção dos dentes contra a cárie. O valor ideal na cidade de Oliveira-MG é de 0,8 mg/L. | | | |
| COR APARENTE | É devida à presença de matéria orgânica proveniente de matéria vegetal em decomposição. Assim como a turbidez, a cor é um parâmetro de aspecto estético de aceitação ou rejeição do produto. | | | |
| COLIFORMES | É um grupo de bactérias que normalmente vivem no Intestino de animais de sangue quente, embora alguns tipos possam ser encontrados no meio ambiente. É uma análise utilizada como indicadora de possível contaminação microbiológica. | | | |
| E-COLI | É considerada como o mais específico indicador de contaminação fecal recente e de eventual presença de organismos patogênicos. | | | |
| CONTAGEM HETEROTRÓFICAS | É a determinação de densidade de bactérias que são capazes de produzir unidades formadoras de colônias na presença de compostos orgânicos em meio de cultura apropriada. Se acima de 500 unidades, deve ser feita inspeção sanitária no local e ser tomadas as providências cabíveis. | | | |

SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO

Lucas Chagas Pacheco
Engenheiro CREA 215600/D

Maria Alice Costa Mariano
CRQ 022003498

Sistema ETA Web - Versão X