



INSTITUTO FEDERAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE PERNAMBUCO
CAMPUS RECIFE

DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CURSOS SUPERIORES – DACS
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM GESTÃO AMBIENTAL

JEFFERSON JOSÉ VIEIRA DE ANDRADE

**Diagnóstico ambiental e proposta de recuperação de área degradada por
atividade de exploração mineral no município de Paudalho – PE**

Recife

2024

JEFFERSON JOSÉ VIEIRA DE ANDRADE

**Diagnóstico ambiental e proposta de recuperação de área degradada por
atividade de exploração mineral no município de Paudalho – PE**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Departamento Acadêmico de Cursos Superiores do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, como requisito para obtenção do título de Tecnólogo em Gestão Ambiental.

Orientadora: Prof.^a Dra. Elba Maria Nogueira Ferraz Ramos

Co-orientadora: Prof.^a Dra. Manuella Barbosa Vieira Neto

Recife

2024

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Danielle Castro da Silva CRB4/1457

A554d

2024 Andrade, Jefferson José Vieira de

Diagnóstico ambiental e proposta de recuperação de área degradada por atividade de exploração mineral no município de Paudalho – PE / Jefferson José Vieira de Andrade. --- Recife: O autor, 2024.

84f. il. Color.

Trabalho de Conclusão (Curso Superior Tecnológico em Gestão Ambiental) – Instituto Federal de Pernambuco, Recife, 2024.

Inclui Referências.

Orientadora: Prof.^a Dra. Elba Maria Nogueira Ferraz Ramos.

Coorientadora: Prof.^a Dra. Manuella Barbosa Vieira Neto

1. Mata Atlântica. 2. Áreas Degradadas. 3. Exploração Mineral. 4. Restauração Florestal. Título. II. Ramos, Elba Maria Nogueira Ferraz (orientadora); Vieira Neto, Manuella BArbosa (coorientadora). III. Instituto Federal de Pernambuco.

CDD 333.72

JEFFERSON JOSÉ VIEIRA DE ANDRADE

**DIAGNÓSTICO AMBIENTAL E PROPOSTA DE RECUPERAÇÃO DE
ÁREA DEGRADADA POR ATIVIDADE DE EXPLORAÇÃO MINERAL
NO MUNICÍPIO DE PAUDALHO – PE**

Trabalho aprovado em Recife no dia 27 de novembro de 2024.

Prof.^a Dra. Elba Maria Nogueira Ferraz Ramos

Prof^o. Dr. Devson Paulo Palma Gomes - Avaliador Interno

Msc. Bruna Trajano De Oliveira - Avaliadora Externa

Recife

2024

Agradecimentos

Gratidão ao meu amado Deus pelo dom da vida, pela oportunidade de poder celebrar essa conquista e por sempre ter estado do meu lado ao longo desses anos de aprendizados. Sou grato a virgem Maria, nossa senhora rainha da paz, que durante essa jornada sempre pode rogar pela minha vida nos momentos de necessidades e lutas.

A minha família, que sempre me incentivou na dedicação pelos estudos. A minha querida Mãe, Sineide Maria Vieira, que esteve comigo nessa linda trajetória. Ao maior homem que já conheci nessa vida, José Arlindo Gomes de Andrade, meu grande e querido Pai, sei que de onde estiver tem orgulho do seu filho. Aos meus irmãos Vaninha, Ma e Robinho por todo incentivo em me fazer acreditar que esse dia pudesse chegar. Aos meus queridos primos, Doka, Kilmo e Silvyenne por todo incentivo e apoio nessa jornada. Aos meus queridos Tios, em especial Tia Sônia e Tio Sandoval, que com seus exemplos de vida me ensinaram que por meio dos estudos podemos mudar nossa vida e fazer a diferença nos lugares por onde passamos.

Aos meus amigos que tiver o prazer de conhecer durante a graduação, Breno, Caio, Janice, Julyane, Rosane e tantos outros. Obrigado pelos momentos de aprendizado, conversas, debates, trocas de ideias e companheirismo vividos ao longo desses anos. Sou grato por tudo que aprendi e construí ao lado de vocês.

Aos amigos de longa data, Miguel, Matheus, Bruno, Humberto, Dhikisson, Hugo, Joel, Tamires, Ricardo, Thiago, Assis, Betinho, Rafa, Luan, Kevyn, Danda, Jeovanna, e tantos outros que durante a vida celebraram comigo vários momentos.

A minha orientadora, Professora Elba Ferraz, gratidão por todo apoio, paciência, dedicação e ensinamentos transmitidos desde as aulas de Ecologia e Manejo até a construção desse trabalho acadêmico. Sua jornada profissional é de grande inspiração.

A minha Coorientadora, Professora Manuella Vieira, gratidão por toda ajuda e ensinamentos passados nas aulas de Pedologia, bem como para construção desse

trabalho. Sua vivência me fez compreender a importância da ciência dos solos e da educação básica.

Aos professores do curso de gestão ambiental e ao IFPE, que contribuíram muito para o meu aprendizado acadêmico e profissional. Em especial, aos professores Devson, Marília, Ioná e Marcos. Gratidão por todas as conversas, incentivos, momentos, conselhos e experiências vividas ao longo da graduação.

Aos meus colegas de trabalho e também amigos, Denício, Paloma, Josimario, Dani, Thiago, Evelyn por me fazerem aprender a cada dia sobre a importância da Gestão Ambiental. Em especial, ao meu colega de trabalho e amigo João Amaral, gratidão por todas vivencias dentro da SEDEMAQ, sua trajetória é inspiradora e me motiva a ser um grande profissional como você. Deus abençoe a todos, Shalom!

*“Não encontramos melhor maneira de servir
nosso senhor Jesus Cristo do que abraçando
alegremente sua santa e admirável vontade”*

- Santo Afonso Maria de Ligório

Resumo

O presente trabalho teve como objetivo realizar um diagnóstico ambiental e propor alternativas de recuperação para uma área degradada por atividades de exploração de recursos naturais, localizada no Município de Paudalho-PE. A partir de técnicas de geoprocessamento, utilizando os softwares Google Earth e Qgis, foi elaborado um mapa de caracterização ambiental da área. Foram identificadas seis diferentes tipologias: área de solo exposto, área de vegetação remanescente, área de mata secundária, área de regeneração natural, área com presença de residências e área de frutíferas. Em todas elas, foi possível caracterizar diferentes situações ambientais, desde a presença de feições erosivas e voçorocas até áreas com cobertura vegetal em estado de sucessão intermediário. Nas áreas com a presença de cobertura vegetal foi realizada a coleta e identificação botânica dos indivíduos, resultando numa lista florística com a presença de 50 espécies entre nativas e exóticas. Para cada tipologia identificada e caracterizada, foram propostas técnicas de recuperação, variando desde áreas com indicação apenas de isolamento dos fatores de degradação, até aquelas com indicativo de recuperação dos solos antes do planejamento de recuperação da cobertura vegetal. Diante da proposta apresentada para a área se torna possível recuperá-la, voltando com o passar do tempo sua composição de espécies vegetais e animais, os processos ecológicos que foram perdidos e os serviços ambientais prestados. Para tanto, é necessário que os proprietários tenham interesse em executar o projeto e recuperá-la. Também, o modelo adotado nessa pesquisa pode servir de referência para outros projetos de recuperação que visem a restauração de áreas degradadas por atividades econômicas.

Palavras Chaves: Áreas degradadas; exploração mineral; Mata Atlântica; restauração florestal.

Abstract

The objective of this study was to perform an environmental diagnosis and propose alternatives for the recovery of an area degraded by natural resource exploitation activities, located in the municipality of Paudalho-PE. Using geoprocessing techniques and the software Google Earth and Qgis, an environmental characterization map of the area was created. Six different typologies were identified: area of exposed soil, area of remaining vegetation, area of secondary forest, area of natural regeneration, area with the presence of residences and area of fruit trees. In all of them, it was possible to characterize different environmental situations, from the presence of erosion features and gullies to areas with vegetation cover in an intermediate state of succession. In the areas with the presence of vegetation cover, botanical collection and identification of individuals was carried out, resulting in a floristic list with the presence of 50 species, both native and exotic. For each typology identified and characterized, recovery techniques were proposed, ranging from areas with indications of isolation of degradation factors only, to those with indications of soil recovery before planning for the recovery of vegetation cover. Given the proposal presented for the area, it becomes possible to recover it, returning over time to its composition of plant and animal species, the ecological processes that were lost and the environmental services provided. To do so, it is necessary that the owners have an interest in executing the project and recovering the area. Furthermore, the model adopted in this research can serve as a reference for other recovery projects that aim to restore areas degraded by economic activities.

Keywords: Degraded areas; Mineral exploration; Atlantic Forest; Forest restoration.

Lista de Figuras

Figura 01 - Mapa de localização do município de Paudalho	23
Figura 02 - Imagem de satélite da área de estudo.....	24
Figura 03 - Mapa geológico do município de Paudalho.....	24
Figura 04 - Mapa de uso e ocupação de terra do município de Paudalho.....	25
Figura 05 - Mapa de solos do município de Paudalho.....	26
Figura 06 - Classificação de declividade do município de Paudalho.....	27
Figura 07 - Classificação hipsométrica do município de Paudalho.....	28
Figura 08 - Ortofoto da área de estudo, Paudalho-PE.....	30
Figura 09 - Espécie invasora (<i>Acacia auriculiformis</i> A.Cunn. ex Benth.) identificada pelo sistema em visita realizada <i>in loco</i>	32
Figura 10 - Mapa de descrição ambiental da área de estudo, Paudalho-PE.....	34
Figura 11 - Porcentagem das tipologias de descrição ambiental na área de estudo, Paudalho-PE.....	35
Figura 12 - Processos erosivos causadores da degradação ambiental na área de estudo, Paudalho-PE.....	36
Figura 13 - Área abandonada pela indústria ceramista sem obras de recuperação, Paudalho-PE.....	37
Figura 14 - Área de exploração mineral, Paudalho-PE.....	37
Figura 15 - Processos erosivos na área de estudo, Paudalho-PE.....	38
Figura 16 - Trechos com cobertura vegetal arbórea na área de estudo, Paudalho-PE..	40
Figura 17 - Residências localizadas em torno da área degradada, Paudalho-PE.....	41
Figura 18 - Imagens históricas do processo de regeneração na área de estudo (2018 – 2023).....	42
Figura 19 - Aspectos da Regeneração natural na área de estudo, Paudalho-PE.....	42
Figura 20 - Aspectos fisionômicos da cobertura vegetal com invasoras e capoeira de mata Paudalho – PE.....	43
Figura 21 - Frutíferas ocorrentes na área de estudo, Paudalho-PE.....	44
Figura 22 - Riqueza de espécies por família ocorrentes na área de estudo, Paudalho-PE	47
Figura 23 - Montagem das paliçadas de bambu para contenção de voçorocas.....	52

Figura 24 - Gramíneas ocorrentes na área de estudo, Paudalho – PE.....	57
Figura 25 - Croqui do Núcleo de Anderson.....	60
Figura 26 - Transposição de galhada instalada no Núcleo de Desertificação do Seridó, PB.....	64

Lista de Tabelas

Tabela 01 - Classes das unidades de terra presentes na área de estudo, Paudalho-PE.....35

Tabela 02 - Lista das espécies botânicas registradas na área de estudo, Paudalho-PE.....45

Tabela 03 - Descrição ambiental junto as etapas metodológicas a serem aplicadas para área de exploração49

Tabela 04 - Recomendação de nutrientes para solo de voçorocas.....54

Tabela 05 - Descrição de atividades para fase de manutenção.....59

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS	16
2.1 Objetivo Geral	16
2.2 Específicos	16
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
3.1 DEGRADAÇÃO AMBIENTAL E SUAS CONSEQUÊNCIAS PARA OS RECURSOS NATURAIS.....	17
3.2 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL: FERRAMENTA CHAVE PARA AS PROPOSTAS DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS.....	18
3.3 RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS.....	20
4 MATERIAIS E MÉTODOS	24
4.1 Área de Estudo	24
4.1.1 Geologia	25
4.1.2 Recursos Hídricos	26
4.1.3 Uso e Ocupação de Terra	26
4.1.4 Solos.....	27
4.1.5 Declividade	28
4.1.6 Hipsometria.....	29
4.2 COLETA E ANÁLISE DE DADOS	30
4.2.1 Mapeamento e identificação das unidades de paisagem	30
4.2.1.1 Identificação das unidades de uso e cobertura da terra	30
4.2.1.2 Delineamento e medição da área.....	30
4.2.2 Coleta e Identificação Botânica.....	32
4.2.3 Indicação das Técnicas de Recuperação	34
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
5.1 Descrição das formas de uso de Terra	35
5.1.1 Solo Exposto	37
5.1.2 Vegetação Remanescente.....	40
5.1.3 Área de Residências	41
5.1.4 Regeneração Natural	42
5.1.5 Mata Secundária.....	44

5.1.6 Frutíferas	45
5.2 Levantamento Florístico	46
5.3 Técnicas de recuperação	49
5.3.1 Indicação de Técnicas de recuperação	50
5.3.2 Área de solo exposto	51
5.3.3 Área de mata secundaria	57
5.3.4 Área de vegetação remanescente.....	62
5.3.5 Área em regeneração natural.....	63
5.3.6 Área com presença de frutíferas	66
5.3.7 Área com ocupação de residências.....	67
5.3.8 Ações Complementares.....	68
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	70
7 REFERÊNCIAS	71

1 INTRODUÇÃO

A ação antrópica é um fator importante nas alterações ambientais, pois, a mudança do uso e cobertura do solo é a principal responsável pela degradação ambiental em escala local e global (MARINHO *et al.*, 2016; AYELE *et al.*, 2018). Esse processo pode ser caracterizado como o efeito negativo da intervenção humana sobre as estruturas e o funcionamento dos ecossistemas, gerando uma crítica redução da capacidade produtiva primária dos solos, da biodiversidade e das funções ambientais que transcendem uma área afetada (COLESANTI *et al.*, 2007).

O efeito das atividades antrópicas sobre o meio ambiente não é um evento atual. Com o passar das décadas, se percebe um desencadeamento dos contribuintes e agravantes da degradação ambiental vivenciada mundialmente, que vão desde a chegada principalmente do desenvolvimento das atividades agrícolas, sucedendo a Revolução Industrial (BORGES; TACHIBANA, 2005).

Um ambiente se torna degradado quando sua capacidade de recuperar seu estado natural é prejudicada, impedindo sua resiliência; na maioria das vezes, esse efeito pode tornar-se irreversível, ocorrendo uma perda inevitável das funções dos ecossistemas (MEA, 2005). Stanganini e Lollo (2018) afirmam que a forma como um espaço é ocupado pode gerar sucessivos prejuízos ambientais, como degradação da cobertura vegetal, perda de terras produtivas, obstrução de redes de drenagem, perda de biodiversidade, propagação de doenças de veiculação hídrica, contaminação e poluição do ar, da água e do solo e desencadeamento de processos erosivos, entre outros.

O processo de degradação provoca uma destruição da cobertura vegetal, dessa forma, ocasionando a exposição do solo e comprometendo seus nutrientes, além da poluição dos recursos hídricos. Através de uma série de processos físicos, químicos e hidrológicos essa deterioração provoca a transformação do potencial biológico dos solos e da vegetação (NASCIMENTO, 2022).

Segundo Santos (2011), os processos erosivos oriundos da retirada da cobertura vegetal, sem o manejo correto acarretam a perda de solos. Ocorrências de queimadas comprometem a concentração de nutrientes no solo, pois a temperatura elevada do fogo destrói os microrganismos responsáveis pela manutenção da fertilidade orgânica e causa danos ao banco de sementes. Os recursos hídricos também estão sujeitos as ações

humanas e acabam por receber uma enorme diversidade e quantidade de poluentes lançados diretamente nos corpos d'água.

Santos (2004) ressalta a importância do planejamento ambiental para a análise do ambiente, isso porque são criadas alternativas para que se possa usufruir adequadamente dos recursos naturais. Neste processo ocorre a coleta, organização e análise sistematizada desses recursos e através dessa ferramenta é possível compreender o dinamismo dos sistemas. Esse planejamento é possível através de um diagnóstico ambiental. Baseado nisso, o diagnóstico ambiental deverá retratar a atual situação de uma área onde se deseja trabalhar, mostrando as principais características dos diversos fatores, permitindo a compreensão da dinâmica e das interações existentes entre os meios físico, biológico e socioeconômico da área diretamente afetada (CEPEMAR, 2009).

A recuperação de ecossistemas degradados possui um importante papel no esforço de garantir o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado. Seu objetivo é de retomar processos ecológicos que foram prejudicados em determinado ambiente, garantir a sobrevivência de comunidades nesses lugares ao longo do tempo, além de manter os serviços ecossistêmicos ofertados (VIEIRA, 2021), restaurar áreas degradadas é de suma importância para o restabelecimento da dinâmica, do funcionamento e da sustentabilidade dos ecossistemas, minimizando assim a perturbação e os danos advindos das ações humanas e naturais (SER, 2004).

A escolha da área de estudo para esta pesquisa foi motivada pela necessidade de compreender as características ambientais específicas do local, que apresenta sinais evidentes de degradação devido às atividades da indústria ceramista. Essa situação ressalta a importância de avaliar o estado atual de degradação ambiental, o que permite propor medidas de restauração que busquem não apenas recuperar a funcionalidade ecológica da área, mas também promover a conservação ambiental a longo prazo.

Portanto, faz-se necessária a criação de projetos que busquem soluções para ecossistemas que foram devastados por conta de ações antrópicas. Nesse sentido, o presente trabalho tem como finalidade a elaboração de um diagnóstico ambiental junto a uma proposta de recuperação de áreas degradadas, onde estarão descritas as principais alternativas para recuperar as características naturais de um local devastado por atividades de exploração de solo pela indústria ceramista.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Elaborar um diagnóstico ambiental voltado à construção de uma proposta de recuperação de uma área degradada alterada por atividades de exploração de minério de argila no município de Paudalho-PE, no intuito de definir alternativas mais adequadas de uso do espaço.

2.2 Específicos

- A) Identificar e caracterizar *in loco* as formas de uso e ocupação da terra e seu estado atual de conservação;
- B) Realizar o levantamento florístico das espécies vegetais presentes na área, respostas regenerativas e avanço do processo sucessional;
- C) Propor as técnicas mais indicadas para cada zona identificada no diagnóstico, em atendimento aos objetivos de recuperação da área.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 DEGRADAÇÃO AMBIENTAL E SUAS CONSEQUÊNCIAS PARA OS RECURSOS NATURAIS

A degradação ambiental, de acordo com a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), Lei 6.938, de 31 de agosto de 1981, é definida como uma “alteração adversa nas características do meio ambiente”. Segundo Calijuri (2013) a degradação ambiental pode ser entendida como a perda de elementos e funções ambientais que alterem a qualidade e quantidade dos recursos naturais e, caso a área sofra um forte impacto, pode ainda perder sua capacidade de resiliência.

Sousa (2012) afirma que as alterações são variáveis e englobam desde o ambiente rural, com o avanço e o uso inadequado da agricultura e outras atividades rurais, até a própria urbanização, com todas as atividades decorrentes desta, como o consumo energético, a construção civil, a contaminação dos corpos hídricos, entre outras. Sánchez (2008) afirma que a “degradação ambiental pode ser conceituada como qualquer alteração adversa dos processos, funções ou componentes ambientais, ou como uma alteração adversa da qualidade ambiental”.

O processo de degradação ambiental de áreas urbanas tem início quando a exploração de um determinado recurso natural se torna maior do que a capacidade de se renovar (COIMBRA *et al.* 2019). O processo de antropização gera diversas consequências para a natureza, pois como observa Torres (2018) esse processo pode levar a modificação do habitat, alteração da cobertura do solo, da hidrologia, do microclima, causando danos difíceis de serem recuperados. A esse respeito, Cunha (2008) afirma que a degradação ambiental gera o aumento do desmatamento, erosão, assoreamento das nascentes e rios, contaminação da água subterrânea, compactação do solo, com consequências para o ecossistema como um todo.

Pereira *et al.* (2019) definem que a degradação ambiental é um fator que pode reduzir de forma significativa a diversidade genética e a disponibilidade de espécies vegetais em áreas impactadas. Nos últimos anos, as ações antrópicas vêm se tornando como um agente direto dos processos que modificam e desequilibram a paisagem, onde o desenvolvimento das atividades antrópicas nocivas exerce forte pressão sobre o meio ambiente causando consequências irreversíveis aos recursos naturais (SÁNCHEZ, 2008).

A extração mineral causa impactos ambientais significativos, especialmente em relação às características do solo. Para que o processo de mineração ocorra, é necessária a supressão da vegetação em todos os estratos florestais. Isso resulta na perda da capacidade de resiliência do solo, comprometendo sua estrutura, fertilidade e capacidade de retenção de água (Faria *et al.*, 2020). As atividades de exploração, quando não realizadas dentro de um planejamento ambiental adequado, ocasionam em impactos resultantes da degradação ambiental que afetam tanto o meio biofísico quanto o meio social, e com isso causam mudanças ecossistêmicas significativas (SALES, 2018).

Segundo Ross (2006), é no relevo onde acontece de maneira desenfreada a remoção dos recursos naturais para a produção de bens para a sociedade, e a sua má utilização colabora no processo de degradação ambiental, afetando a dinâmica dos sistemas ambientais e suas funcionalidades. As frequentes alterações no uso da terra, de forma desordenada e não planejada e acima da capacidade de suporte do solo, é um dos principais fatores relacionados ao aumento da degradação (VALLE JÚNIOR, 2008).

3.2 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL: FERRAMENTA CHAVE PARA AS PROPOSTAS DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS

O diagnóstico ambiental é uma ferramenta importante para o controle e a conservação do meio ambiente, pois envolve a descrição da qualidade ambiental presente na área de estudo. Essa análise proporciona conhecimento adequado para fundamentar a identificação e a avaliação dos impactos nos aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos (OLIVEIRA, 2016). Segundo Sánchez (2006), o diagnóstico ambiental pode ser definido como a descrição das condições ambientais encontradas em determinada área, em um determinado momento, resultando na avaliação da situação atual naquele local, feita através de levantamentos de componentes e processos do ambiente físico, biótico e antrópico e de suas interações.

Assim, o diagnóstico ambiental possibilita identificar os problemas ambientais existentes no espaço e em seu entorno; a partir da vivência local é possível que o indivíduo perceba as práticas que prejudicam o meio, tornando-o responsável por suas obrigações legais, econômicas e ambientais (SILVA, 2022).

Diversas são as metodologias utilizadas na realização de um diagnóstico ambiental. De acordo com Reis *et al.* (2015), os métodos utilizados no diagnóstico facilitam a visualização e a valoração dos impactos sobre os distintos componentes do ambiente.

No caso de um diagnóstico ambiental voltado para a restauração de áreas degradadas, No Brasil, reconhecidamente, uma das maiores iniciativas de restauração ecológica de ambientes degradados é “o Pacto Pela Restauração da Mata Atlântica”, lançado em 2009 e possui como objetivo restaurar 15 milhões de hectares até 2050 (REZENDE *et al.*, 2015). Calmon *et al.* (2011), definem o Pacto pela Restauração da Mata Atlântica como uma iniciativa de restauração ecológica importante e ambiciosa, pois, além do compromisso de restaurar milhões de hectares ajuda na proteção sustentável dos fragmentos florestais remanescentes. Também por gerar emprego e renda por meio da cadeia de restauração, da prestação de serviços essenciais ligados aos ecossistemas e criação de incentivos que levam ao cumprimento da legislação florestal.

Para realização do diagnóstico ambiental é necessário seguir diferentes etapas metodológicas. Em síntese, de acordo com o diagnóstico do Pacto da Mata Atlântica (ISERNHAGEN *et al.*, 2009) são propostas as seguintes etapas:

A) Análise de imagens aéreas ou de satélite do local (Fotointerpretação) - esta etapa envolve a análise de imagens aéreas ou de satélite do local em questão, conhecida como fotointerpretação. Ela é realizada através de softwares compatíveis, especialmente aqueles que permitem a construção de um Sistema de Informações Geográficas (SIG). Por meio desses softwares, é possível gerar bancos de dados com nomes das situações, área, características específicas e outras informações relevantes, conforme objetivos do trabalho;

B) Checagem de campo - é a atividade subsequente à fotointerpretação. Consiste em visitas de campo às áreas abrangidas no trabalho de adequação. Durante essas visitas, os pesquisadores levam consigo cópias dos mapas, preferencialmente já fotointerpretados, para confirmar as situações identificadas em computador e atualizá-las em relação ao uso atual;

C) Edição do mapa de adequação ambiental – é a última etapa do diagnóstico e neste estará descrita todas as informações e os detalhes obtidos pela fotointerpretação e checagens realizadas em campo.

D) Levantamento Florístico - realizado em paralelo à adequação ambiental, deve ser fundamentado em dados florísticos secundários, além dos primários (coletados em

campo), que estão disponíveis na literatura. Também deve ser considerado nesta etapa o estado de conservação dos remanescentes naturais, que podem ser definidos baseado nos critérios de número de estratos, características do dossel, presença de desbalanços populacionais de epífitas e lianas na borda dos fragmentos e a presença de gramíneas exóticas. Esses indicadores ajudam a avaliar a intensidade de degradação dos fragmentos.

Portanto, para elaborar um Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) é recomendado executar previamente um diagnóstico ambiental na área pretendida (GOMES *et al.*, 2017). Para esses autores, as elaborações de estudos ambientais em áreas degradadas incluem o diagnóstico ambiental e o PRAD, em que o primeiro é base para o segundo e tem por finalidade descrever e analisar a situação ambiental atual de áreas naturais que sofreram alterações.

3.3 RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS

Uma área degradada pode ser descrita como um local que sofreu alteração de suas características, devido a fatores naturais ou derivados de ação antrópica, perdendo sua capacidade de resiliência, ou seja, a capacidade de retornar ao seu estado original (MARTINS, 2016). Para Almeida *et al.* (2016), uma área degradada é definida como um local que atingiu um nível crítico de impactos negativos, na qual foram comprometidos a vegetação, os seus respectivos meios de regeneração bióticos, abióticos e antrópicos, ocasionando na baixa resiliência do seu ecossistema. Segundo o IBAMA (1990), a degradação de uma área resulta na destruição da vegetação nativa, acarretando a perda, remoção ou danificação da camada fértil do solo.

Bezerra *et al.* (2006) afirma que o surgimento de áreas degradadas no Brasil tem aumentado ao longo dos anos, resultando em inúmeros prejuízos ao meio ambiente, permanecendo na maioria das vezes relacionado às atividades antrópicas sem planejamento.

O solo desempenha um papel fundamental na sustentabilidade dos ecossistemas, mantendo um equilíbrio em suas características físicas, químicas, biológicas e visuais, em contrapartida sua degradação se constitui como um prejuízo socioeconômico para as gerações atuais e além de alterações ambientais por vezes de difícil reversão (CANDIDO FILHO *et al.*, 2015).

Segundo Sousa (2016), os efeitos da degradação do solo podem ser irreversíveis, de modo a ocasionar no desencadeamento do processo de desertificação das áreas afetadas, principalmente nas regiões áridas e semiáridas, como ocorre na região nordeste do Brasil, onde as condições gerais de aridez, ligados com as ações antrópicas, favorecem os mecanismos de desertificação. Meira *et al.* (2004) abordam as principais atividades antrópicas que acarretam na deterioração de solos: uso e ocupação não planejados do solo, habitações em áreas de risco, supressão de vegetação florestal, sobretudo em áreas de preservação permanente, obras de infraestrutura sem controle técnico.

O processo para recuperar um ambiente degradado é complexo, e demanda tempo, recursos e conhecimento especializado (ALMEIDA, 2016). Diante disso, o Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) representa o primeiro passo para a remediação de um local degradado, pois configura-se como instrumento que abrange a metodologia que será utilizada para a recuperação do ambiente em questão.

A Instrução Normativa nº 4 de 2001 (IBAMA, 2011) norteia sobre as exigências mínimas e cita a elaboração de Projetos de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) e afirma que o documento deve trabalhar medidas destinadas a assegurar a proteção das áreas degradadas ou alteradas contra quaisquer fatores que possam dificultar ou impedir o processo de recuperação (ENGEL; PARROTA, 2003). Morais (2019) enfatiza que O PRAD direciona inúmeras possibilidades de uso do solo, segurança, saúde e produtividade ambiental, além de evitar consequências indesejadas, como a esterilidade do solo e degradações de alto impacto. Dessa forma, o PRAD desempenha um papel crucial ao preservar a diversidade ambiental e proporcionar a qualidade dos recursos renováveis.

Para executar o trabalho de recuperação do local é necessário dispor de uma equipe técnica que vai trabalhar na elaboração do estudo e de acordo com a legislação vigente. Para isso são realizados análises e levantamentos de dados de toda a área. Após a coleta de evidências, junto a montagem do PRAD é preciso definir as técnicas de recuperação que serão utilizadas para contribuir para o sucesso do trabalho (SOUSA, 2016).

As técnicas de recuperação de áreas degradadas variam de acordo com as peculiaridades da área degradada que se deseja recuperar e/ou restaurar e essa tomada de decisão deve ser pautada no resultado do diagnóstico ambiental. Dentre as várias técnicas existentes, detalharemos a seguir algumas das mais utilizadas.

A) Regeneração natural: método na qual a própria natureza fica encarregada de recuperar a área afetada. Após sofrer algum impacto ambiental, a vegetação

remanescente e o banco de sementes irão realizar o povoamento da área impactada. O tempo para repovoá-la vai de acordo com o nível de impacto causado no local. Em caso de degradação, mesmo em grau elevado, desde que o banco de sementes não tenha sido totalmente perdido, a regeneração natural pode ser utilizada com êxito. Essa técnica é a de menor custo para a recuperação de áreas degradadas, porém é uma técnica lenta, e uma série de variáveis podem interferir nesse tempo (MARTINS, 2013).

B) Plantio de mudas: também conhecida como reflorestamento tradicional, tem sido amplamente aplicada nos últimos anos, especialmente em áreas onde a regeneração natural é limitada. Para garantir o sucesso e o alcance da restauração ambiental em áreas degradadas pela exploração mineral, é essencial combinar espécies nativas e exóticas (Martins, 2018; Jesus *et al.*, 2016).

C) Transposição de Galharias: consiste no acúmulo de pilhas de resíduos florestais ou lenha alocadas na área degradada, essas pilhas atuam como abrigo natural para fauna contra predadores e contra o excessivo aquecimento solar. A fauna do solo faz uso de diversos materiais para abrigo, como o próprio solo, rochas, folhas, madeira, entre outros (REIS *et al.*, 2014). Bechara (2006) enfatiza que o uso de galhos e troncos tem como principal objetivo formar abrigos artificiais para alimentação de consumidores e decompositores, além de restituir o solo.

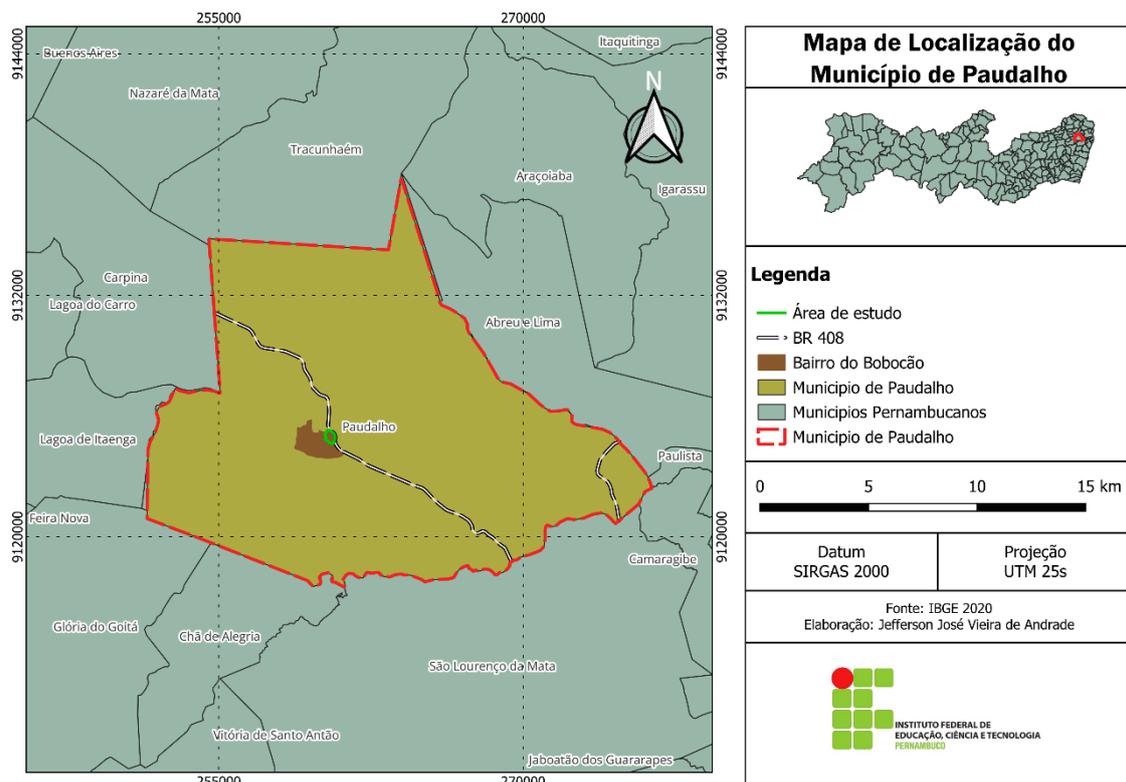
D) Transposição do Solo: é caracterizada como a retirada da camada superficial de solo mais serapilheira de uma área com estado de sucessão mais avançado para destinar em uma área degradada, onde se busca a restauração natural por meios dos propágulos existentes no material que foi transportado. Como principais resultados, espera-se que essas áreas virem núcleos de alta diversidade de espécies (MARTINS *et al.*, 2015).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Área de estudo

O presente estudo foi desenvolvido em uma área degradada por exploração de argila, no Município de Paudalho, bairro do bobocão, localizado na região da zona da mata norte do estado de Pernambuco ($7^{\circ} 53' 31''$ S; $35^{\circ} 10' 37''$ W). O município possui uma área com cerca de 277.796 km², população estimada em 56.659 habitantes (IBGE, 2022), altitude aproximada de 69 metros e limita-se a norte com o município de Tracunhaém, ao sul com os municípios de São Lourenço da Mata, Chã de Alegria, Gloria do Goitá e Camaragibe, a Leste com os municípios de Paulista e Abreu e Lima, e a oeste com Lagoa de Itaenga e Carpina (Figura 01).

Figura 01: Mapa de localização do município de Paudalho



Fonte: Autor (2024)

Seu entorno, conforme pode ser visualizado na imagem de satélite (Figura 02), é margeado pela BR-408 e apresenta vegetação nativa, além de algumas residências próximas. A exploração no local teve início por volta da década de 1970, com a remoção de argila para fins econômicos, destinada à fabricação de tijolos pela indústria

ceramista. Após um longo período de exploração, a área encontra-se bastante degradada e sem atividade.

Figura 02 - Imagem de satélite da área de estudo

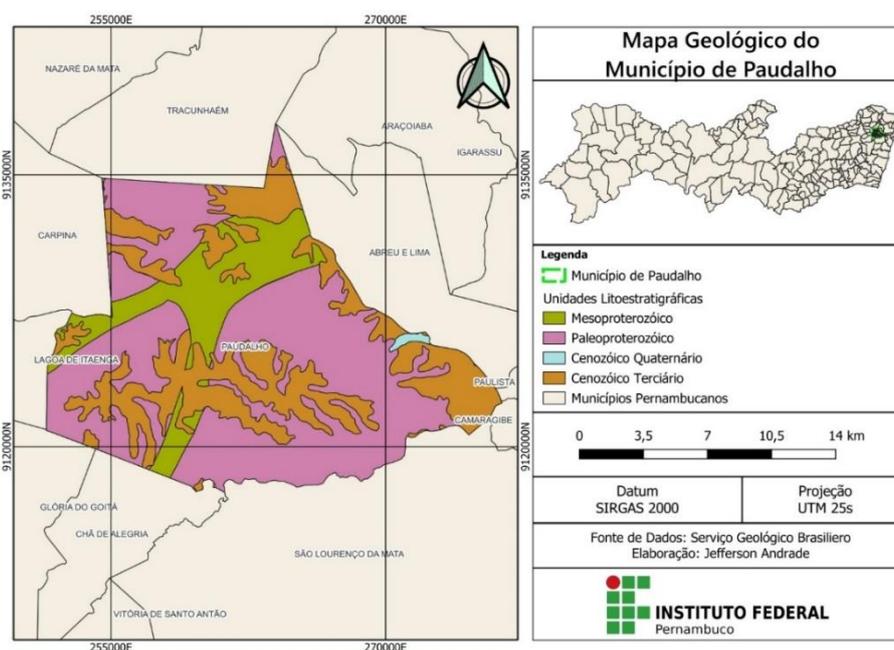


Fonte: Google Earth (2024)

4.1.1 Geologia

O município de Paudalho encontra-se inserido, geologicamente, na Província Borborema, sendo constituído pelos litotipos dos complexos Salgadinho e Vertentes da Formação Moura e dos Depósitos Aluvionares (BRASIL, 2005). Apresenta como principais unidades litoestratigráficas rochas do período Cenozóico, Mesoproterozóico e Paleoproterozóico.

Figura 03 – Mapa Geológico do Município de Paudalho



Fonte: Autor (2024)

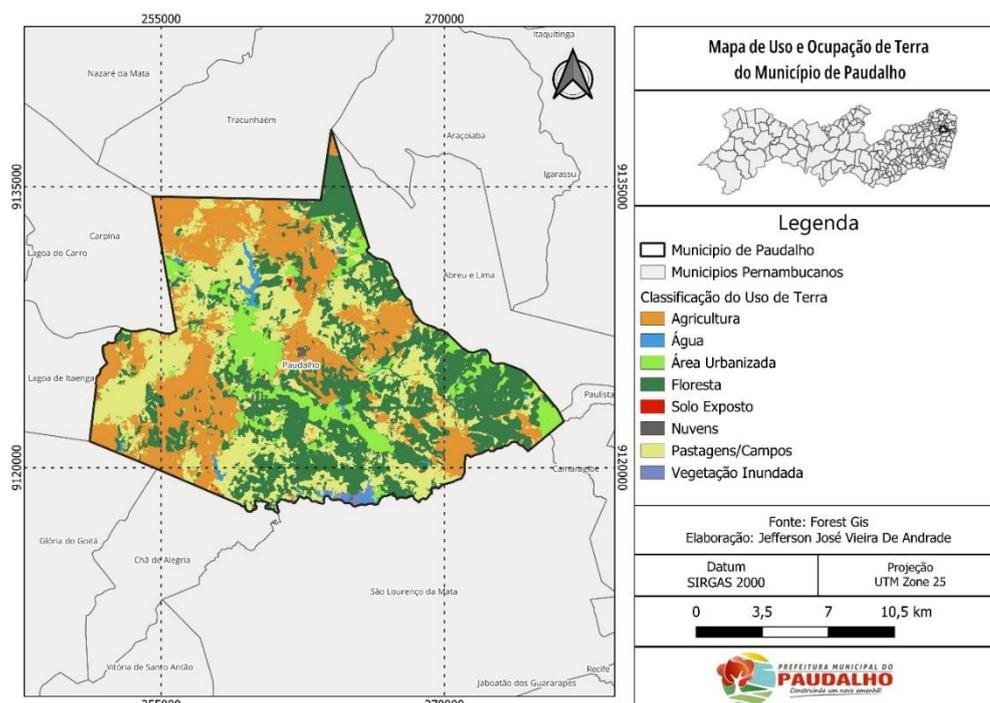
4.1.2 Recursos hídricos

O município de Paudalho encontra-se inserido nos domínios da Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe. Seus principais tributários são: os rios Capibaribe, Sampaio e Goitá, além dos riachos: Gameleira, Pau Amarelo, Barrigão, dos Macacos, Araçá, Piação, Murioga, Fortaleza, Dendê, Cavalcante, Vargem Grande, Caipora, Caiana, Jacaré, do Cajueiro, Tabaruma, Tabatinga, Pitangueiras, Camurim e Córrego Verde. Os principais corpos de acumulação são os Açudes: Cursaí, Pau Amarelo, Zumbi, Tabaruma, Bicopeba, Carvalho e as barragens: do Ora e do Goitá. Os principais cursos d'água no município têm regime de escoamento perene e o padrão de drenagem é o dendrítico (BRASIL, 2005).

4.1.3 Uso e ocupação de terra

O município de Paudalho apresenta ao longo de seu território grandes áreas destinadas a agricultura e pastagens, como observado na figura 04. Além disso, o município possui uma vegetação de predominância do tipo Floresta subperenifólia, com partes de Floresta subcaducifólia e cerrado/ floresta, o local está localizado no bioma Mata Atlântica e detém cerca de 22% da vegetação preservada (BRASIL, 2005; PREFEITURA MUNICIPAL DO PAUDALHO, 2022).

Figura 04 – Mapa de Uso e Ocupação da terra do Município de Paudalho

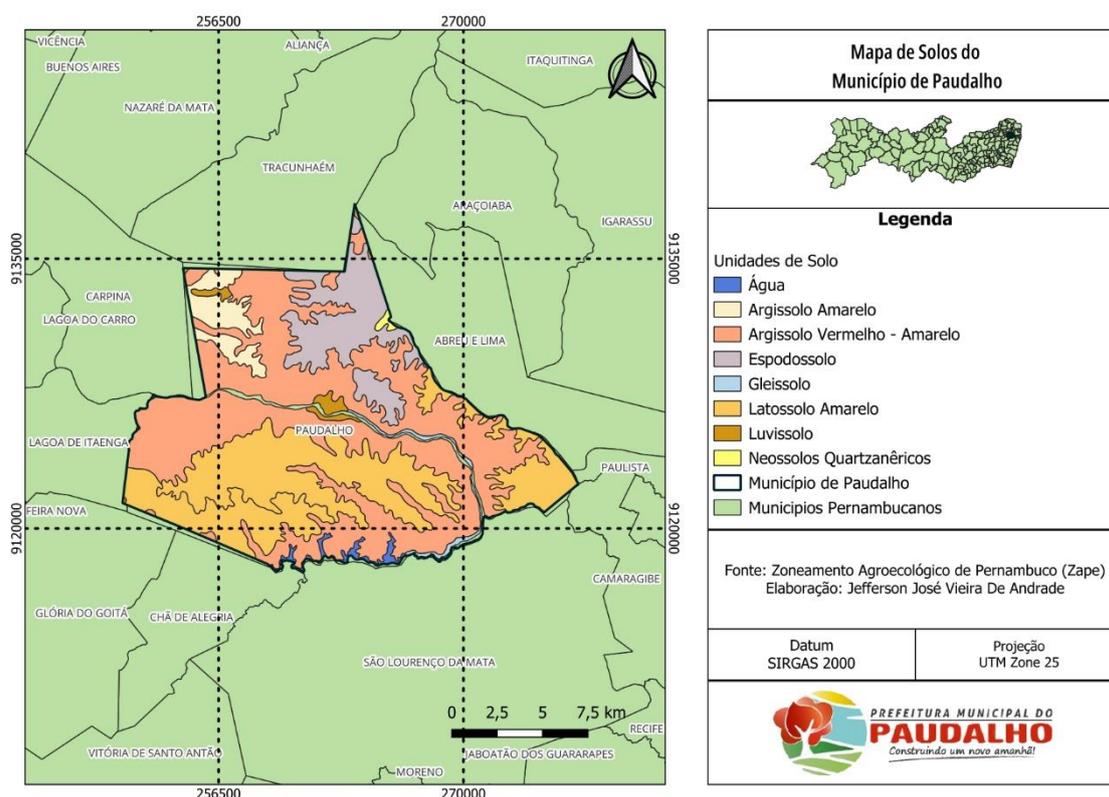


Fonte: Autor (2024)

4.1.4 Solos

O solo predominante no município de Paudalho é o Argissolo, que apresenta acentuada variação no conteúdo de argila entre a camada superficial, horizonte (A) ou (A+E), e o horizonte subjacente Bt (B textural). Outra classe que se destaca no município são os solos do tipo Latossolos, se destacam por terem alto grau de intemperismo, normalmente profundos, bem drenados e bastante uniformes no conjunto de suas características morfológicas, físicas, químicas e mineralógicas no horizonte diagnóstico Bw (B latossólico). A localidade apresenta uma grande diversidade de solos devido principalmente aos fatores de formação do material de origem e relevo. As outras classes que podem ser evidenciados no mapa a seguir são: Neossolo Flúvico, Neossolo Quartzênico, Luvissolos e os Gleissolos (Araújo Filho *et al.* 2014).

Figura 05 - Mapa de Solos do Município de Paudalho - PE

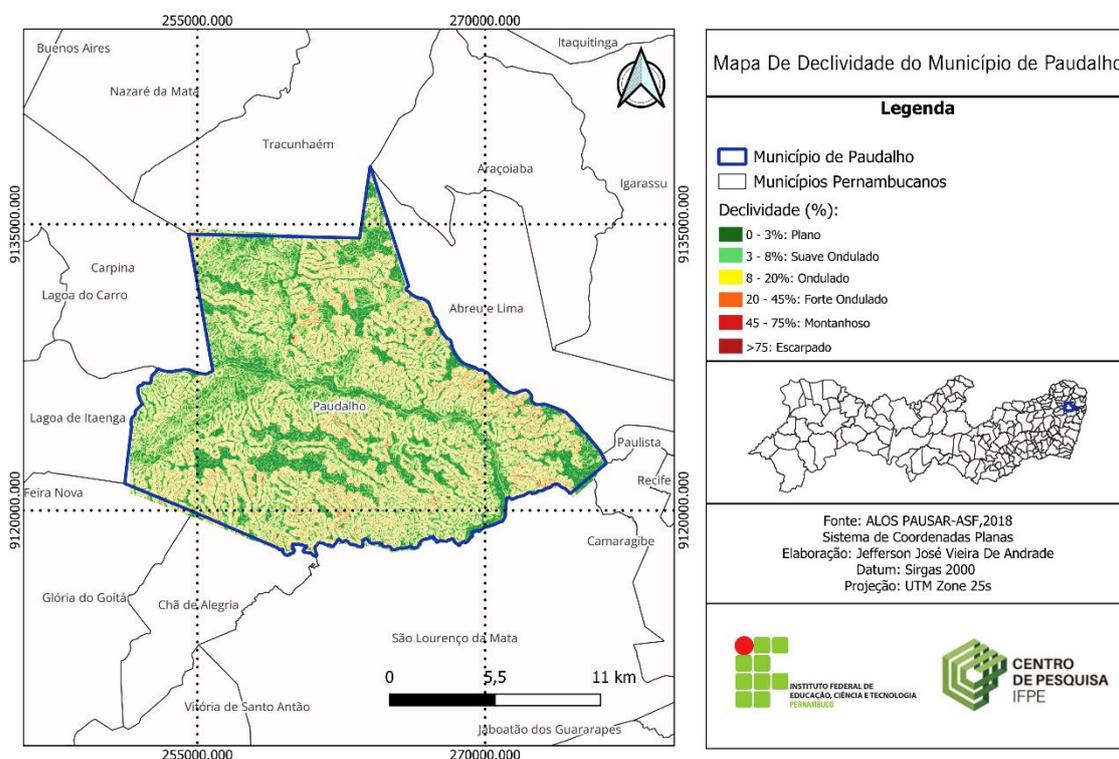


Fonte: Autor (2024)

4.1.5 Declividade

Analisando o mapa de declividade (Figura 06), pode-se observar que a maior parte do relevo do território municipal (277.796 km²), possui declive variando entre 0 e 20%, ou seja, há uma maior ascendência de relevo plano a ondulado. A definição das classes de declividade, foi realizada conforme a proposta da Embrapa (2013). Os mapas de declividade surgem como ferramenta substancial para a análise do relevo, dado que constituem uma forma de representação temática da distribuição espacial dos diferentes níveis de inclinação existentes em um terreno, auxiliando na análise da paisagem (COLAVITE; PASSOS, 2012).

Figura 06 - Classificação de Declividade Município de Paudalho -

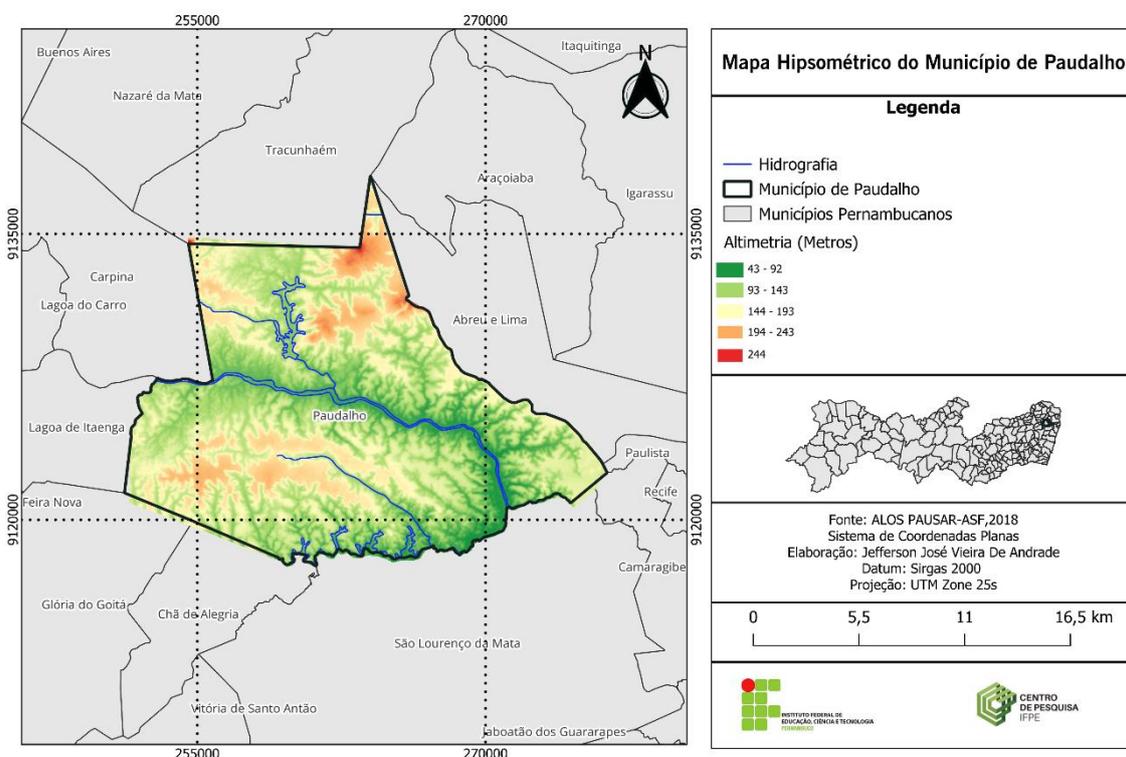


Fonte: Autor (2024)

4.1.6 Hipsometria

O município de Paudalho, apresenta uma amplitude altimétrica de 198 metros, sendo a cota maior em relação ao nível do mar de 244 metros, e a menor cota correspondendo a 43 metros. Silva (2018) afirma que a análise da hipsometria oferece entendimento sobre a dinâmica do relevo da área, o que torna possibilidade de identificar fenômenos que só ocorrem em sua superfície, bem como contempla operações adequadas para a medição de altitudes e suas variações no terreno.

Figura 07 - Classificação Hipsométrica do Município de Paudalho -



Fonte: Autor (2024)

4.2 COLETA E ANÁLISE DE DADOS

O estudo desenvolveu-se em etapas, que estão relacionadas com os objetivos específicos.

4.2.1 Mapeamento e identificação das unidades de paisagem

4.2.1.1 Identificação das unidades de uso e cobertura da terra

Esta etapa teve como prioridade realizar a identificação das unidades de uso e cobertura de terra presentes na área de estudo (Figura 2). Assim, foi possível identificar com base em imagens aéreas disponibilizadas pela plataforma Programa Pernambuco Tridimensional (PE3D) e visitas em campo, a serem descritas posteriormente, os principais usos de terra presentes na área, sendo eles: I) área com vegetação remanescente; II) vegetação de frutíferas; III) área com regeneração natural; IV) ocupação de residências, V) área de mata secundária e VI) solo exposto. Estas tipologias foram as principais classes de uso da área decorrente da degradação da área por exploração mineral.

4.2.1.2 Delineamento e medição da área

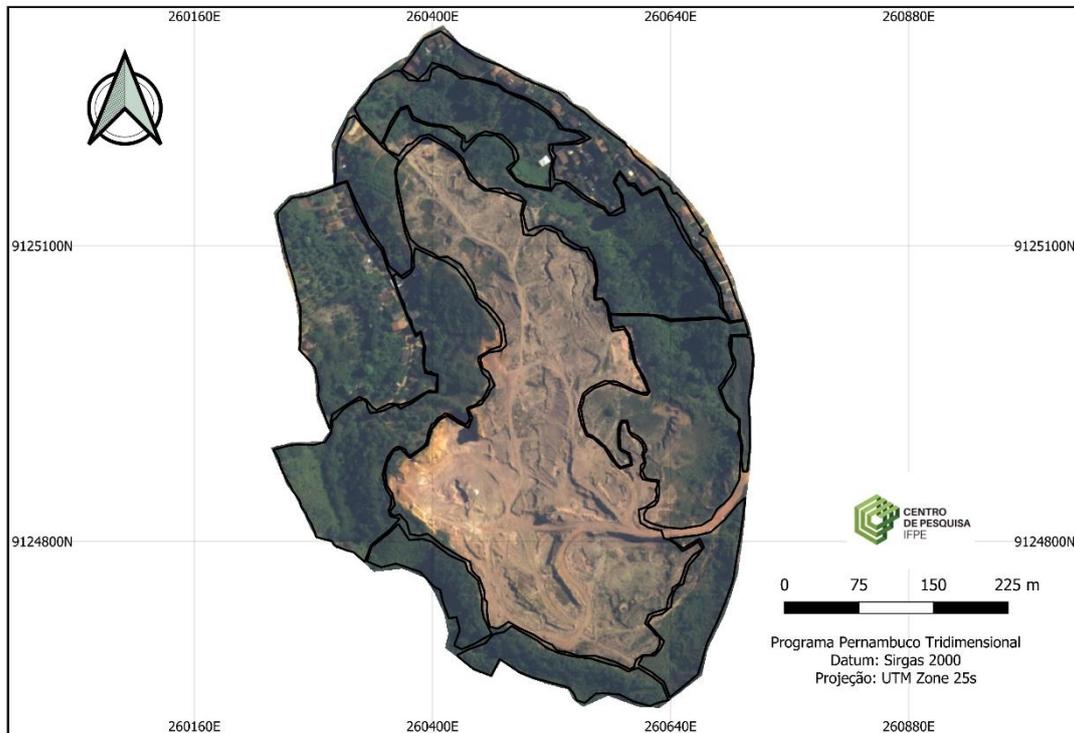
Este processo compreendeu três etapas que são descritas a seguir:

1ª etapa - Processamento e pré-classificação

O mapa de descrição ambiental da área estudada foi obtido por tipologias mapeadas visualmente através de fotointerpretação, a partir de uma ortofoto do município de Paudalho disponibilizada pelo PE3D, criado pela Agência Pernambucana de Águas e Climas (APAC). Para tanto, foram criados arquivos vetoriais poligonal (*shapefile*) correspondente a área geral de estudo e as unidades homogêneas identificadas, para construção dos arquivos *shapefile* foi utilizado o uso do software *Google Earth*. Em seguida, as camadas foram sobrepostas ao recorte da aerofoto, tendo início então a digitalização em tela. Feita a realização dos recortes, foram definidas as

unidades tipológicas de terra provisórias (Figura 08), onde foi possível atribuir as áreas questionáveis para receberem maior ênfase na fase de trabalho de campo.

Figura 08 - Ortofoto da área de estudo, Paudalho-PE



Fonte: Programa Pernambuco Tridimensional (PE3D)

2ª Etapa - Checagem de Campo

Essa etapa consistiu em fazer o reconhecimento da área de estudo e localizar as áreas definidas como provisórias na 1ª etapa. A checagem de campo desempenha um papel fundamental em projetos de restauração florestal, pois permite validar estratégias de restauração propostas durante o planejamento inicial, bem como definir prioridades para ações de intervenção. Baseado nisso, foram capturadas imagens fotográficas, de modo a definir a realidade de campo com a imagem pré-classificada.

3ª Etapa - Construção do mapa com as unidades homogêneas da área de estudo

Essa etapa foi desenvolvida após a realização dos recortes e classificação final da área de estudo e da imagem, respectivamente. Ao final do processo, todos os polígonos mapeados receberam edição conforme as suas respectivas classes. O que

permitiu a posterior quantificação da área de cada classe, por meio da calculadora de valores da tabela de atributos, do próprio arquivo vetorial.

4.2.2 Coleta e Identificação Botânica

Para realização do levantamento florístico foram feitos registros botânicos na área de estudo. Para tanto, foram obtidas em uma ficha de campo as seguintes informações: nome popular da planta, hábito, presença de flores e frutos e fitofisionomia ocorrente. Para cada espécie foram realizados registros fotográficos com o objetivo de auxiliar na identificação botânica. Os registros ocorreram para as plantas de diferentes hábitos visando avaliar a composição florística presente nas diferentes fitofisionomias, identificar a presença de plantas nativas e exóticas e avaliar a cobertura vegetal nas diferentes situações. Estas informações são importantes para auxiliar na elaboração da proposta de recuperação da área. Para Radiche, Pinho e Harthman (2021), os levantamentos de plantas arbóreas possuem como objetivo principal a identificação das espécies vegetais presentes em uma área específica, além de avaliar o estado de conservação da vegetação. Entretanto, para a presente pesquisa foram incluídas plantas de todos os hábitos.

A ferramenta Pl@nt Net, é um sistema web e mobile ligado a um banco de dados mundial para identificação de espécies através de fotografias. Graças a essa tecnologia, foi possível realizar inicialmente o reconhecimento das espécies de duas formas: I) Para as plantas que se sabia o nome popular foram feitos registros fotográficos e o programa com base nesses dados realizou a identificação do nome científico, a nível de espécie e de família, origem de ocorrência se exótica ou nativa e o percentual de confiabilidade da identificação correta; II) Para as plantas que não se sabia o nome popular, a ferramenta forneceu as mesmas informações descritas na 1ª etapa, sendo a única diferença o fornecimento do nome popular da espécie identificada. Para ilustrar o uso do aplicativo pl@nt Net, adotou como exemplo as imagens da figura 09, que neste caso se trata de uma espécie invasora presente na área.

Figura 09 - Espécie invasora (*Acacia auriculiformis* A.Cunn. ex Benth.) identificada pelo sistema em visita realizada *in loco*



Fonte: Autor (2024)

Para elaboração do quadro contendo a listagem de todas as espécies registradas (*checklist*), afim de verificar a confiabilidade das informações botânicas fornecidas pelo aplicativo utilizou-se o livro "Árvores Brasileiras: Manual de Identificação de Espécies Nativas do Brasil", Vol. 1 e 2, de Harri Lorenzi (1998). Além das informações descritas pela ferramenta foram checadas para as espécies nativas da Mata Atlântica dados referentes a produção de mudas e regiões de ocorrência no território nacional. Em relação as espécies exóticas, foram realizadas consultas no site do Reflora – flora e fungo do Brasil 2022, para verificar a confiabilidade da identificação botânica, além de informações sobre o domínio fitogeográfico de ocorrência de cada espécie.

Após a finalização das consultas nas diferentes bases de dados citadas acima foi realizada a verificação de todos os nomes científicos, pela professora orientadora desta pesquisa que atua na área da identificação botânica. Com essas informações foi

elaborada a lista das espécies botânicas ocorrentes na área de estudo. Para cada espécie, foram colocadas informações sobre seu nome científico, família botânica, nome popular e origem.

4.2.3 Indicação das Técnicas de Recuperação

Apontados os impactos de degradação presentes em cada tipologia foi elaborada a proposta de intervenção para área de estudo a fim de recuperá-la com a indicação de técnicas destinadas a recomposição da vegetação. As propostas de intervenções de recuperação de uma área se fazem necessárias quando um ecossistema sofre diversos distúrbios de grandes proporções e não consegue se recuperar, sejam eles naturais ou antrópicos (Costa *et al*, 2020).

Segundo Van der Berg (2008), o processo de recuperação de áreas degradadas inicia-se pela sua revegetação, baseada na utilização de métodos que viabilizem a sucessão ecológica, recobrando o solo exposto e proporcionando a germinação dos indivíduos e o desenvolvimento da cobertura vegetal. Quando há êxito nesse processo, não só ocorre o estabelecimento das espécies no ambiente, assim como a área volta a ser autossustentável e restabelece as relações ecológicas, permitindo a integração da área recuperada às áreas preservadas em seu entorno.

Para definição das técnicas apropriadas a cada situação diagnosticada na área de estudo, foi utilizada a metodologia empregada pelo Laboratório de Ecologia e Restauração Florestal (LERF/LCB/ESALQ), indicada no “Pacto pela Recuperação da Mata Atlântica”, onde nele estão descritas chaves de definições que podem ser utilizadas para propor as melhores ações a serem utilizadas em projetos de recuperação de áreas degradadas.

Para a descrição das técnicas escolhidas para proposta de recuperação, foi elaborado um quadro contendo informações sobre a situação ambiental encontradas em cada tipologia definida, e aliado a isso as ações prioritárias e complementares a serem realizadas na iniciativa de promover a recuperação da área de exploração mineral. Além disso, foram considerados aspectos como a viabilidade econômica, social e ecológica das técnicas propostas, buscando soluções que não focassem apenas na restauração da vegetação, mas que também contribuíssem para a resiliência do ecossistema e o bem-estar da comunidade local. Essas técnicas incluíram desde o plantio de espécies nativas adaptadas às condições locais até a implementação de

barreiras físicas e biológicas para controlar a erosão e promover a infiltração de água no solo.

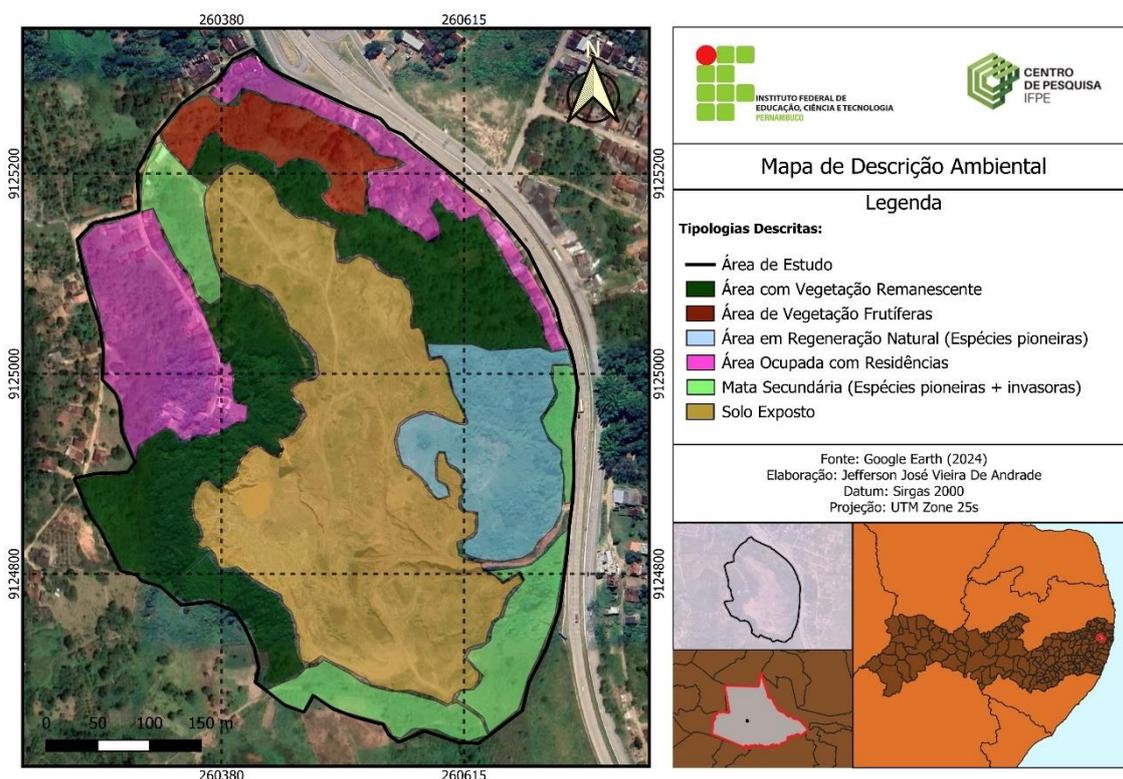
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Descrição das formas de uso de Terra

O mapeamento das unidades tipológicas da área estudada (Figura 10) evidencia a ocorrência de diferentes níveis de degradação, resultando, assim, em seis unidades homogêneas distintas, com distribuição espacial diferenciada na área e diferentes graus de degradação. Apesar do histórico de uso apontar para toda a área ter sofrido com exploração mineral o registro atual do uso da terra mostra que a exploração deve ter ocorrido em tempos distintos e/ou com intensidades diferentes na área total, uma vez que as respostas da cobertura vegetal são distintas, variando desde área de solo exposto até área com vegetação preservada (Figura 10, Tabela 01).

Nesse contexto, segundo Fidalgo (2003), as técnicas de geoprocessamento são importantes para detectar mudanças no uso da terra causadas por intervenções humanas na cobertura vegetal, especialmente quando há o uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), pois essa ferramenta permite obter informações valiosas sobre os mecanismos de degradação e auxiliam no diagnóstico das modificações ocorridas na paisagem.

Figura 10 - Mapa de descrição ambiental da área de estudo, Paudalho-PE



Das seis tipologias a que tem maior extensão na área é a de solo exposto, que es

Fonte: Autor (2024)

remanescente (22%) que ocorre em duas manchas descontínuas (Figuras 10 e 11, Tabela 01).

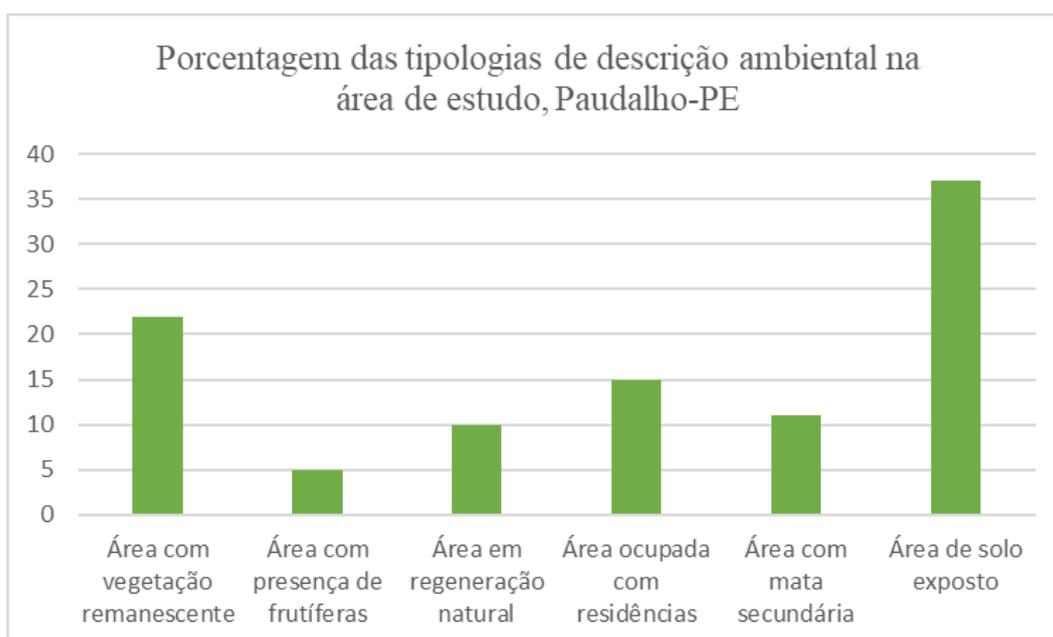
Apesar da grande degradação com solo exposto observa-se que 44% da área apresenta alguma forma de cobertura com vegetação nativa, ou seja, as áreas de regeneração natural, vegetação secundária e vegetação remanescente. Com o ponto de vista da restauração boa parte dessa área tem potencial de autorecuperação, desde que o fator ou os fatores de impacto sejam cessados.

Tabela 01: Classes das unidades de terra presentes na área de estudo, Paudalho-PE

Unidades tipológicas	Área (m)	Área (%)
Área com vegetação remanescente	48.664	22
Área com presença de frutíferas	11.106	5
Área em regeneração natural	22.184	10
Área ocupada com residências	33.819	15
Área com mata secundária	23.492	11
Área de solo exposto	81.735	37
Total	221.000	100

Elaboração: Autor (2024)

Figura 11 - Porcentagem das tipologias de descrição ambiental na área de estudo, Paudalho-PE.

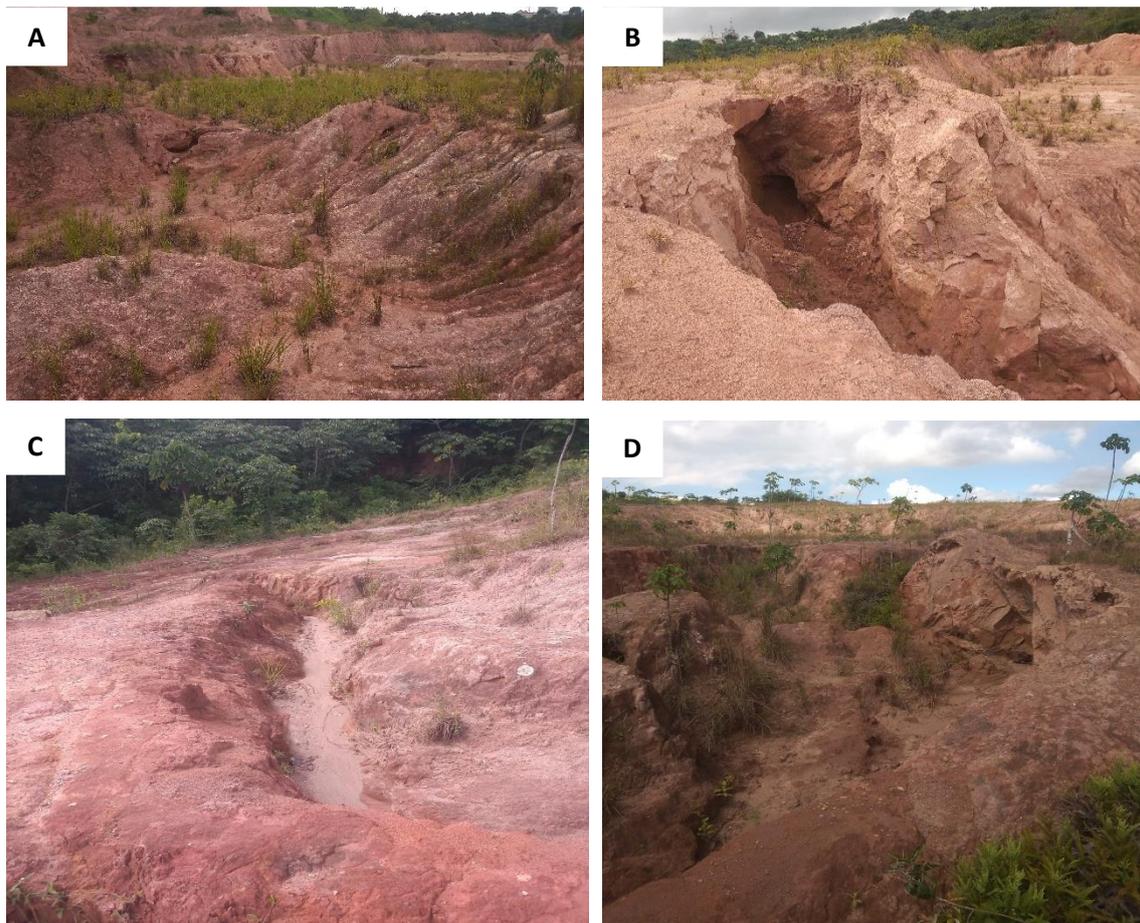


Elaboração: Autor (2024)

5.1.1 Solo Exposto

Na área de estudo, a presença de solo exposto é a classe predominante, ocupando cerca de 37%. A extração mineral de argila causou um grande impacto no local (Figura 12), sendo agravado pela fragilidade do solo que tornou o processo de erosão mais acelerado. Isso ocorreu porque, na época, não houve o manejo correto para a extração, iniciando-se com a retirada da vegetação e, em seguida, a exploração do solo pelas empresas de cerâmica do município. Isso acarretou no processo de erosão, que evoluiu para voçorocas e ravinas, causando um dano ambiental muito grande ao sistema solo-plantas.

Figura 12 - Processos erosivos causadores da degradação ambiental na área de estudo, Paudalho - PE

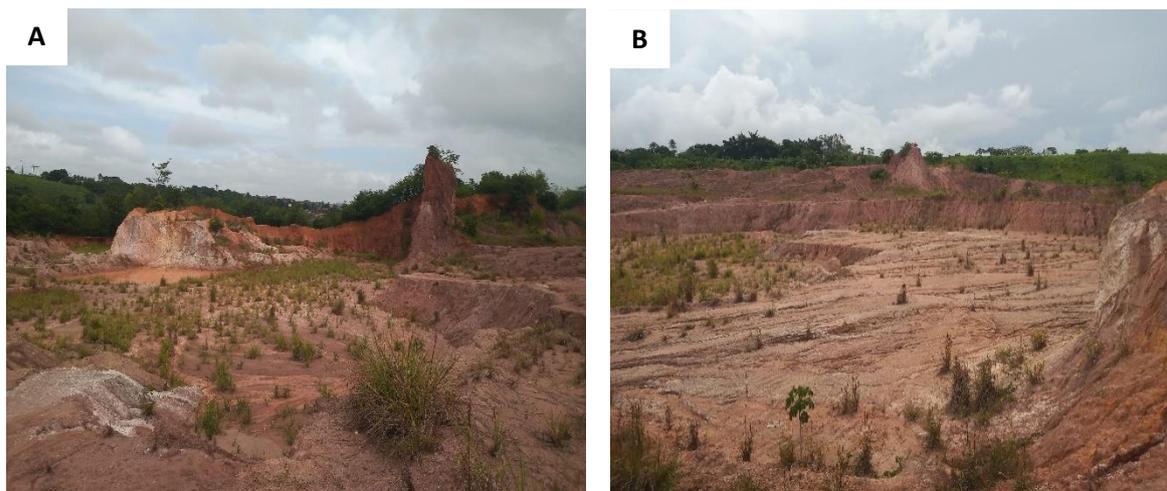


Fonte: Autor (2024)

A supressão da vegetação nativa para a exploração mineral contribuiu para o processo de erosão com escoamento superficial, afetando o solo, com rápida

intensificação do processo erosivo. Esta atividade resultou em desabamentos e deslizamentos de materiais sólidos; a erosão progrediu para voçorocas e ravinas com um estágio de degradação bastante avançado. É possível observar nas figuras 13, 14 e 15 como o processo erosivo foi se intensificando ao longo dos anos e as consequências da degradação ambiental na área.

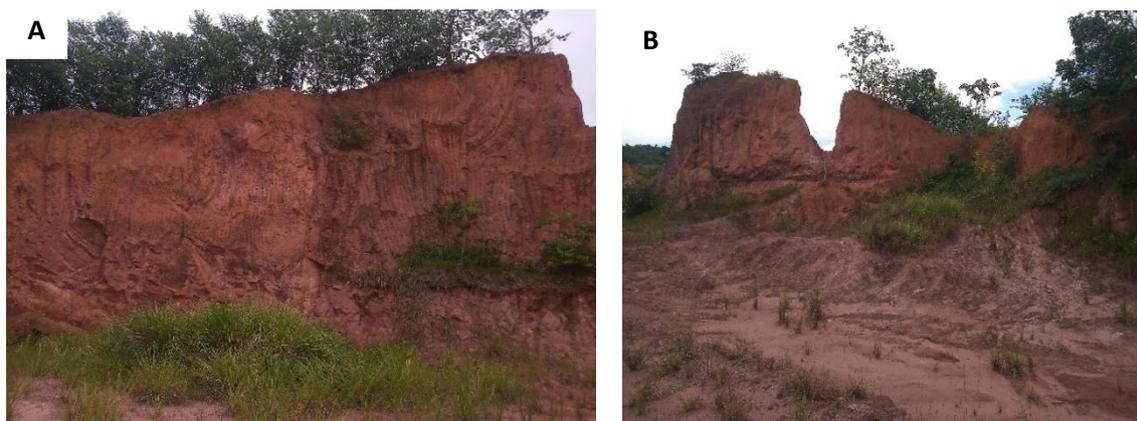
Figura 13 - Área abandonada pela indústria ceramista sem obras de recuperação, Paudalho - PE

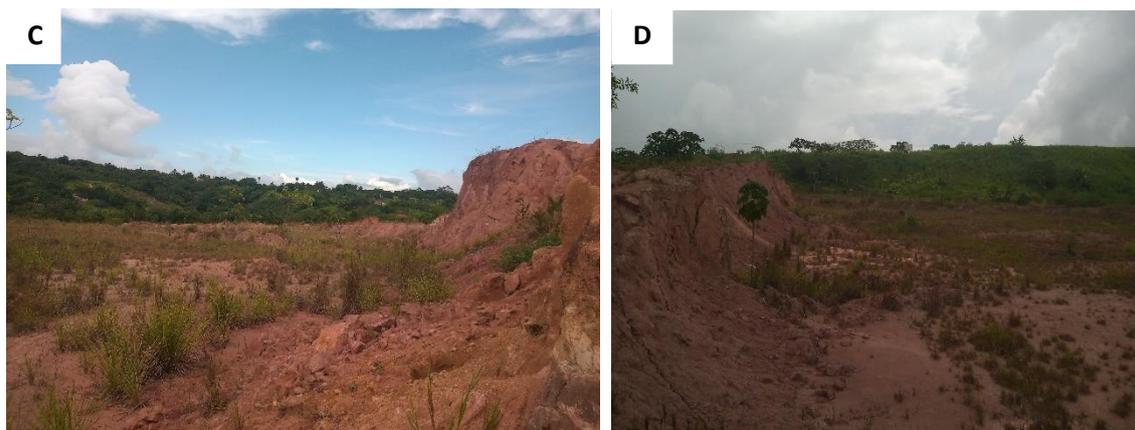


Fonte: Autor (2024)

Nas figuras 14 A, B, C e D estão representadas algumas áreas de exploração da indústria ceramista, onde é evidente do ponto de vista da cobertura vegetal alguns resquícios de vegetação de gramíneas e arbustos de pequeno porte, nas áreas erodidas e na camada superior do solo (horizonte superficial) árvores isoladas e/ou mancha de vegetação arbórea. Independentemente do tipo de cobertura vegetal remanescente ou que se restabeleceu em alguns trechos podem ser observados os impactos, tais como os processos erosivos, voçorocas e desmoronamentos, decorrentes das áreas que perderam sua estabilidade.

Figura 14 - Área de exploração mineral, Paudalho - PE

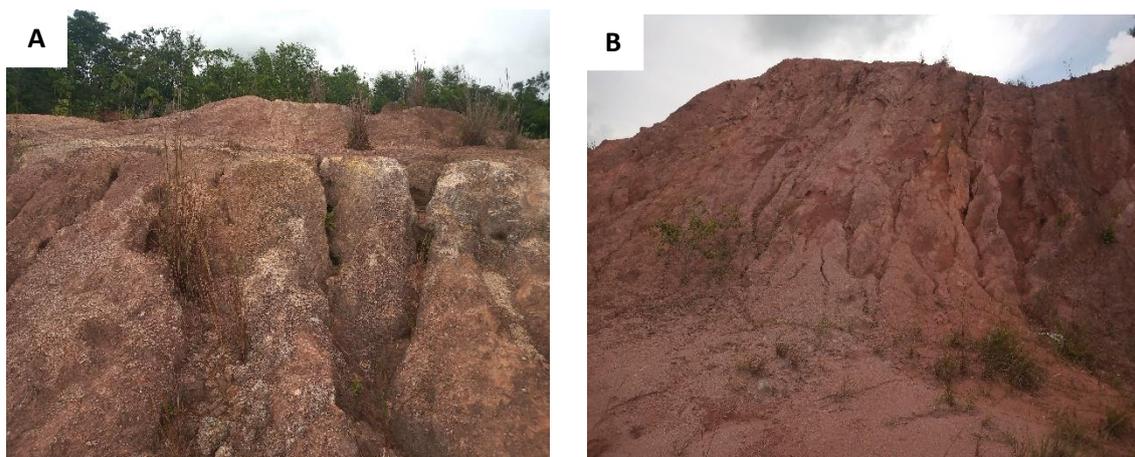




Fonte: Autor (2024)

Nas figuras 15 A e B, destacam-se os processos erosivos resultantes da degradação na região, originados por escavações que expuseram o solo e provocaram a formação de sulcos e fissuras. Esses processos erosivos são influenciados por uma série de condicionantes, incluindo a topografia, os tipos de solo, a cobertura vegetal e as atividades antrópicas. Esses fatores tornam a erosão um fenômeno complexo e, dependendo do seu grau de evolução, pode ser de difícil compreensão (Rubira *et al.*, 2016).

Figura 15 - Processos erosivos na área de estudo, Paudalho - PE



Fonte: Autor (2024)

5.1.2 Vegetação Remanescente:

A segunda maior área de uso e cobertura de terra refere-se à vegetação remanescente, ocupando 22% da área de estudo. O Vocabulário Básico de Meio Ambiente (1997), afirma que a cobertura vegetal está relacionada ao mapeamento da vegetação natural ou plantada de uma área, considerando-se as matas, capoeiras, culturas, campos e outros. Essa tipologia possui uma importância para áreas que sofreram processo de degradação, pois, a presença de cobertura vegetal densa e diversificada funciona como um escudo protetor contra o impacto dos pingos da chuva, promove a melhoria da estrutura do solo pela adição de matéria orgânica, por sua vez, aumenta a absorção e dá condições ao solo de suportar um vigoroso crescimento vegetal (ROTTA, 2012).

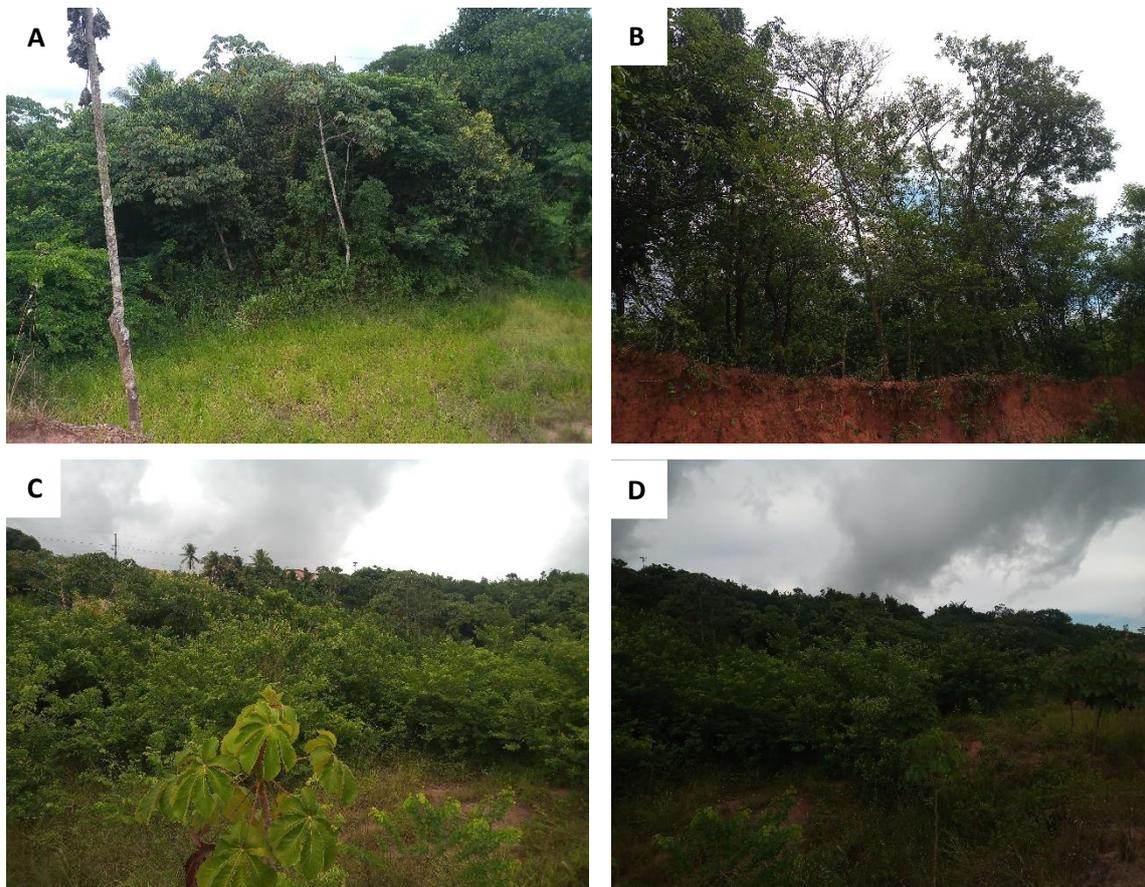
A cobertura vegetal arbórea da área de estudo apresenta variação em sua fisionomia, estrutura e composição, em função do maior ou menor grau de conservação da vegetação remanescente (Figura 16 A, B, C e D). Importante destacar que essas diferentes fisionomias podem ser reflexo de um conjunto de fatores passados e presentes, entre eles destacamos o corte raso e/ou seletivo da vegetação em diferentes trechos, destinados para fins madeireiro (lenha, cercas, construção), implantação de áreas de pomares e quintais, entre outros. Assim, apesar da área ter trechos com cobertura vegetal arbórea boa parte das espécies são exóticas, notadamente fruteiras usadas na alimentação humana e outra parte são de espécies nativas da floresta atlântica. A lista da composição florística dos diferentes trechos está disponibilizada na Tabela 2.

Do ponto de vista da recuperação de áreas degradadas ressalta-se que esses trechos com vegetação têm condições notadamente melhores que as demais tipologias, uma vez que ainda abrigam um pouco da diversidade vegetal que ocorria anteriormente na região e desempenham funções e processos ecológicos importantes na manutenção da fauna, nas condições ambientais e para o solo. Entretanto, ainda constituem áreas que requerem atenção quanto a restauração da sua biodiversidade original e dos processos ecológicos que foram perdidos ao longo dos ciclos de degradação e de uso da vegetação.

Silva *et al.* (2020) defende que a presença da cobertura vegetal madura contribui para uma redução dos processos de lixiviação, provenientes de chuvas intensas, devido à interceptação do dossel, o que evita a perda de solos. Além disso, práticas de manejo

da cobertura vegetal têm o potencial de intensificar a atividade biológica, conferindo estabilidade contra a erosão linear. Kavian *et al.* (2018), destacam que a ausência da

Figura 16 - Trechos com cobertura vegetal arbórea na área de estudo, Paudalho - PE negativa o efeito da energia cinética, destruindo os agregados do solo.



Fonte: Autor (2024)

5.1.3 Área de residências:

Na área de estudo, existe uma tipologia urbana denominada “áreas residenciais” situada em proximidade a zona degradada pela exploração, especialmente ao longo da BR-408. Durante as obras de duplicação da Rodovia, algumas casas foram demolidas para dar lugar às atividades de construção, gerando impactos ambientais significativos no município.

Contudo, vale ressaltar que nem todas as residências foram afetadas pelas obras. Algumas foram preservadas, mesmo com a proximidade das atividades de construção (Figura 17 A e B). Essas casas mantiveram sua estrutura original, e os moradores locais

desenvolveram uma relação com o espaço, considerando-o um local a ser preservado e restaurado.

Figura 17 - Residências localizadas em torno da área degradada, Paudalho - PE



Fonte: Google Earth (2024)

5.1.4 Regeneração Natural:

A área de estudo apresenta vários trechos em processo de regeneração natural, indicando que o espaço foi previamente explorado e, posteriormente, começou a se recuperar de forma espontânea. Martins (2013) afirma que em lugares próximos às fontes de sementes, ou quando a degradação não foi muito intensa e o banco de sementes continua presente, a regeneração natural pode ser suficiente para que ocorra a restauração florestal.

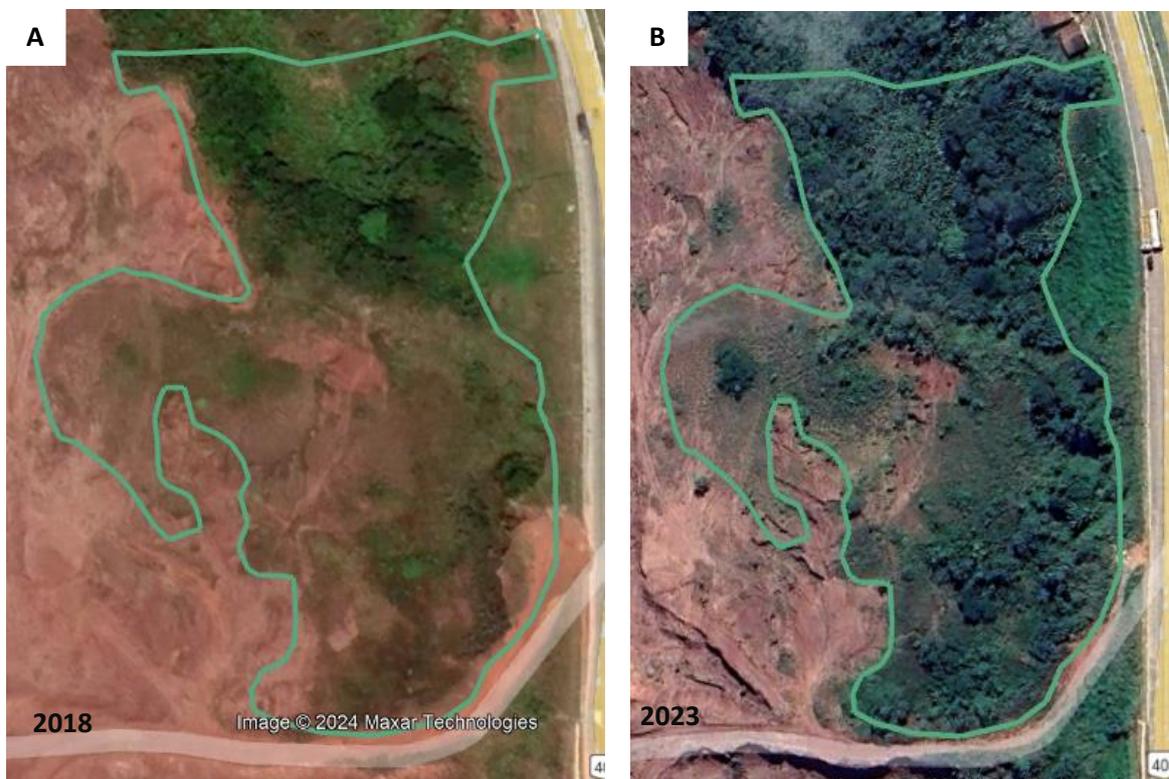
Scoti e Monteiro (2022) pg. 2, afirmam que:

O banco de sementes desempenha um papel importante na manutenção da diversidade, pois, o estoque de sementes do solo, muitas vezes, é formado por espécies representativas da vegetação atual, de espécies de etapas

sucessionais que aconteceram anteriormente e de espécies que nunca estiveram presentes na área, que foram incorporadas ao sistema pelos mecanismos de dispersão (SCCOTI E MONTEIRO 2022, p.2).

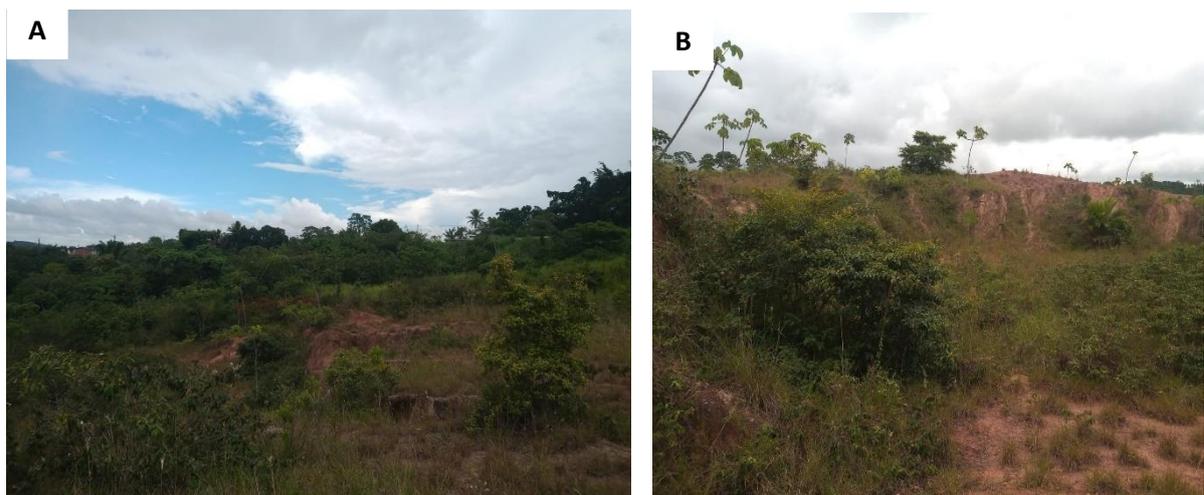
Ao analisar as imagens históricas fornecidas pelo Google Earth (Figura 18 A e B), observou-se uma mudança significativa na cobertura vegetal devido ao processo de regeneração natural, documentado de 2018 e 2023. Essas mudanças foram notáveis ao longo dos anos, evidenciando a evolução do ambiente. Na figura 19 A e B, é possível comprovar o avanço da regeneração natural nos dias atuais.

Figura 18 - Imagens históricas do processo de regeneração na área de estudo (2018 – 2023)



Fonte: Google Earth (2024)

Figura 19 - Aspectos da regeneração natural na área de estudo, Paudalho - PE



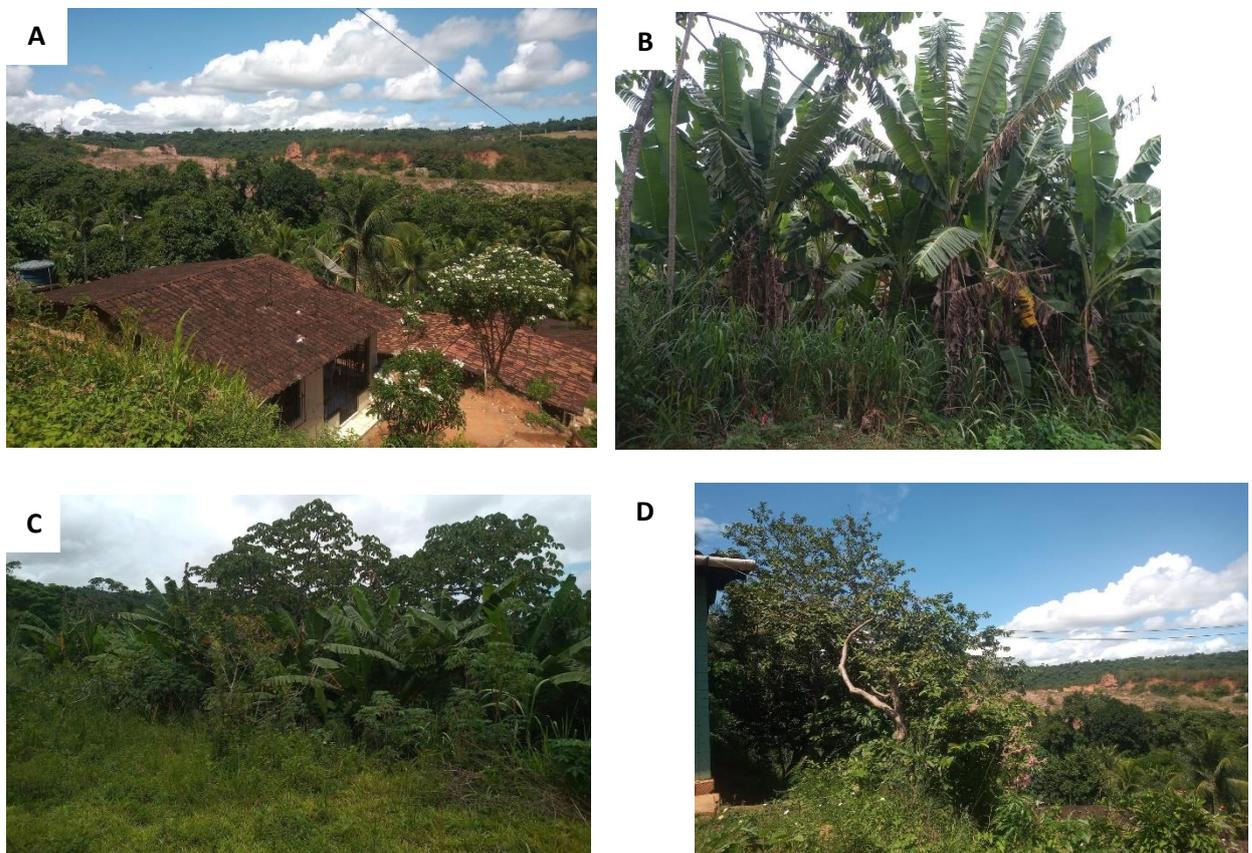
Fonte: Autor (2024)

5.1.6 Frutíferas:

A última tipologia identificada no local de estudo é conhecida como "Área com Presença de Frutíferas". A presença dessa cobertura vegetal acontece graças aos moradores que usam a área dos seus quintais para o cultivo de espécies frutíferas. Segundo relatos dos moradores, o cultivo dessas frutas desempenha um papel significativo na melhoria da renda familiar.

Essa tipologia se destaca pela presença diversificada de árvores frutíferas, como mangueiras, bananeiras, coqueiros, entre outras, que são cultivadas pelos próprios moradores. Essas frutas proporcionam uma fonte adicional de alimento para as famílias locais, mas também são vendidas e contribuem para o sustento das famílias e a economia local.

Figura 21 - Frutíferas ocorrentes na área de estudo, Paudalho – PE.



Fonte: Autor (2024)

Do ponto de vista da recuperação a presença de fruteiras na área desempenha papéis ecológicos bem importantes, notadamente para a fauna nativa, ou seja, por disponibilizar recursos alimentar para os herbívoros, nos processos de polinização e dispersão e na funcionalidade de poleiros e trampolins ecológicos.

5.2 Levantamento florístico

Foram identificadas 50 espécies botânicas, distribuídas na área de estudo nos diferentes hábitos (Tabela 02). Dentre os aspectos detectados, o mais relevante foi a predominância de espécies nativas da floresta atlântica, representando 56% do total, enquanto os outros 44% foi de espécies exóticas. Observa-se que muitas das espécies registradas na área são frutíferas bastante utilizadas na alimentação humana e comumente cultivadas em pomares e quintais, a exemplo da ciriguela, mangueira, jaqueira, goiabeira, jambeiro, entre outras.

Tabela 02: Lista das espécies botânicas registradas na área de estudo, Paudalho-PE

Família	Nome Científico	Nome Popular	Origem
Anacardiaceae	<i>Anacardium occidentale</i> L.	Cajueiro	Nativa
	<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	Pau-pombo	Nativa
	<i>Spondias purpurea</i> L.	Ciriguela	Nativa
	<i>Thyrsodium spruceanum</i> Benth	Manga brava	Nativa
	<i>Mangifera indica</i> L.	Mangueira	Exótica
Annonaceae	<i>Xylopia sericea</i> St.Hil	Pimenta do mato	Nativa
Apocynaceae	<i>Plumeria pudica</i> Jacq.	Véu de noiva	Exótica
Arecaceae	<i>Raphia farinifera</i> (Gaertn.) Hyl.LC		Exótica
	<i>Cocos nucifera</i> L.	Coqueiro	Exótica
Araliaceae	<i>Didymopanax morototoni</i> (Aubl.) Decne. & Planch.	Sambaquim	Nativa
Asparagaceae	<i>Furcraea foetida</i> (L.) Haw.	Gravatá-açu	Exótica
Asteraceae	<i>Tithonia diversifolia</i> (Hemsl.) A.Gray	Margaridão	Exótica
Bignoniaceae	<i>Tabebuia roseo-alba</i> (Ridl.) Sandwith	Ipê-branco	Nativa
Bixaceae	<i>Bixa orellana</i> L.	Urucum	Nativa

Combretaceae	<i>Terminalia catappa</i> L.	Castanhola	Exótica
Convolvulaceae	<i>Ipomoea asarifolia</i> (Desr.) Roem. & Schult.	Salsa brava	Nativa
Dilleniaceae	<i>Curatella americana</i> L.	Lixeira	Nativa
Euphorbiaceae	<i>Croton floribundus</i> Spreng.	Capixingui	Nativa
	<i>Manihot esculenta</i> Crantz	Mandioca	Nativa
	<i>Croton glandulosus</i> L.	Velame	Nativa
Fabaceae	<i>Acacia auriculiformis</i> A.Cunn. ex Benth.	Acácia Australiana	Exótica
	<i>Erythrina speciosa</i> Andrews	Mulungu	Nativa
	<i>Lonchocarpus sericeus</i> (Poir) Kunth ex DC	Ingá Bravo	Nativa
	<i>Inga edullis</i> Mart.	Ingá macaco	Nativa
	<i>Mimosa albida</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	Dormideira	Nativa
	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	Leucena	Exótica
	<i>Mimosa caesalpiniiifolia</i> Benth.	Sansão do Campo	Nativa
	<i>Machaerium hirtum</i> (Vell.) Stellfeld	Jacarandá de Espinho	Nativa
	<i>Teprosia noctiflora</i> Bojer ex Baker	Teprósia	Exótica
	<i>Clitoria fairchildiana</i> R.A.Howard	Sombreiro	Nativa
	<i>Chamaecrista desvauxii</i> (Collad.) Killip	Mata-pasto	Nativa
Heliconiaceae	<i>Heliconia psittacorum</i> L.f.	Heliconia Papagaio	Nativa
Hypericaceae	<i>Vismia guianensis</i> (Aubl.) Choisy	Pau de Lacre	Nativa
Lauraceae	<i>Persea americana</i> Mill	Abacateiro	Exótica
Malpighiaceae	<i>Byrsonima sericea</i> DC	Murici	Nativa
Melastomataceae	<i>Miconia albicans</i> (sw.) Triana	Canela de Velho	Nativa
	<i>Miconia crenata</i> (Vahl) Michelang.	Pixirica	Exótica
Meliaceae	<i>Azadirachta indica</i> A. Juss	Nim	Exótica
Moraceae	<i>Artocarpus heterophyllus</i> Lam	Jaqueira	Exótica
Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i> L.	Goiabeira	Nativa
	<i>Syzygium jambos</i> (L.) Alston.	Jambeiro	Exótica
	<i>Syzygium cumini</i> (L.) Skeels	Jambolão	Exótica
	<i>Psidium guineense</i> Sw.	Araçá do campo	Exótica

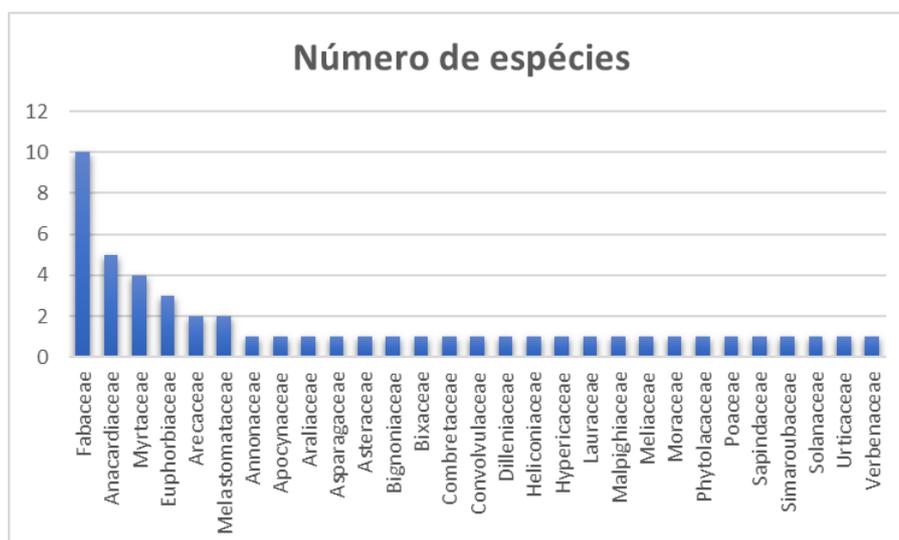
Phytolacaceae	<i>Phytolacca dioica</i> L.	Ceboleira	Exótica
Poaceae	<i>Bambusa vulgaris</i> Schrad. ex J.C.Wendl	Bambu	Nativa
Sapindaceae	<i>Cupania revoluta</i> Radlk	Camboatá	Nativa
Simaroubaceae	<i>Simarouba amara</i> Aubl.	Praíba	Nativa
Solanaceae	<i>Solanum paludosum</i> Moric	Jurubeba rajada	Nativa
Urticaceae	<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul.	Embaúba	Nativa
Verbenaceae	<i>Aegiphila pernambucensis</i> Moldenke	Tamanqueira	Nativa

Fonte: Autor (2024)

A predominância das espécies nativas é um indicativo positivo da resiliência do ecossistema local, mesmo diante dos diferentes ciclos de perturbação ocorrentes na área. As espécies nativas desempenham um papel crucial na manutenção da biodiversidade, pois como observa Paiva et.al (2010) a flora nativa é essencial do ponto de vista ecológico, adaptativo e funcional, principalmente por garantir as relações ecológicas co-evolutivas e genéticas e de dispersão de propágulos (pólen e sementes).

A família Fabaceae foi predominante no levantamento florístico da área, ocorrendo com 10 espécies (20%), seguida por Anacardiaceae com 10% das espécies, Myrtaceae com 8%, Euphorbiaceae com 6% e Arecaceae e Melastomataceae ambas

Figura 22 - Riqueza de espécies por família ocorrentes na área de estudo, Paudalho-PE. com 4% (Tabela 02, Figura 22).



Gomes et.al (Fonte: Autor (2024) família Fabaceae ocorre amplamente nos diferentes levantamentos florísticos, comprovando sua grande plasticidade ecológica e ampla distribuição nos ecossistemas ocorrentes no Brasil. Segundo esses autores, a elevada riqueza de Fabaceae no bioma Mata Atlântica, se dá devido ao elevado número de espécies, cerca de 1002. Além disso, diversas espécies da família Fabaceae são utilizadas em projetos voltados a arborização urbana e recuperação de áreas degradadas, bem como suas espécies são fixadoras de nitrogênio, o que permite a sua colonização em ambientes pobres em nitrogênio, superando outras famílias que não apresentam esta característica (QUEIROZ, 2009).

5.3 Técnicas de Recuperação

As técnicas apresentadas na Tabela 03 foram indicadas com base nas necessidades específicas de cada tipologia identificada no diagnóstico ambiental, considerando fatores como a presença de vegetação remanescente, falhas na cobertura vegetal, erosão e ocorrência de espécies invasoras. Essas ações visam não apenas mitigar os impactos ambientais, mas também promover a restauração ecológica de maneira eficiente e sustentável.

Além disso, as técnicas propostas contêm uma abordagem integrada que inclui o isolamento dos fatores de degradação, recuperação de solos, plantio de espécies nativas e adensamento com mudas. Cada ação foi planejada com base em metodologias bem difundidas e adaptadas às condições ambientais locais, buscando assim garantir a sucessão ecológica, o retorno de processos ecológicos e a oferta dos serviços ecossistêmicos. Além da síntese das principais intervenções de recuperação ambiental para cada tipologia diagnosticada (Tabela 03), também é apresentado um descritivo de cada ação, voltadas para a restauração futura da área.

5.3.1 Indicação de Técnicas de Recuperação Ambiental

Tabela 03: Descrição ambiental junto as etapas metodológicas a serem aplicadas para área de exploração, Paudalho - PE

Tipologia	Situação Ambiental	Ações Prioritárias	Ações Complementares
Área de solo exposto	<ul style="list-style-type: none"> - Deslizamentos - Escassez de cobertura vegetal nativa - Ocorrência de gramíneas invasoras - Processos Erosivos: Erosão Laminar, Erosão Linear (Ravinas e Voçorocas) 	<ul style="list-style-type: none"> 1 - Isolamento e retirada dos fatores de degradação 2 - Controle de erosão 3 - Análise física e química do solo 4 - Adubação e calagem do solo (se necessário) 5 - Recuperação da vegetação (plantio) 	<ul style="list-style-type: none"> 6 - Introdução de poleiros artificiais 7 - Transposição de galharia
Área com mata secundária	<ul style="list-style-type: none"> - Presença de abrigos para fauna - Presença de serrapilheira e de banco de sementes - Habitat fragmentado - Ocorrência de gramíneas - Presença de cobertura vegetal em estágio inicial da sucessão. 	<ul style="list-style-type: none"> 1 - Isolamento e retirada dos fatores de degradação 2 - Controle de competidores 3 - Condução da regeneração natural 4 - Introdução de mudas em grupos adensados 	<ul style="list-style-type: none"> 5 - Adensamento 6 - Enriquecimento
Área com vegetação remanescente	<ul style="list-style-type: none"> - Presença de banco de sementes - Cobertura vegetal variada em altura - Presença de espécies invasoras - Sucessão secundária em desenvolvimento - Presença de clareiras 	<ul style="list-style-type: none"> 1 - Isolamento e retirada dos fatores de degradação 2 - Controle das espécies invasoras 3 - Adensamento 	<ul style="list-style-type: none"> 4 - Enriquecimento
Área em regeneração natural	<ul style="list-style-type: none"> - Presença de abrigos para fauna - Presença de banco de sementes - Presença de espécies invasoras - Baixa diversidade vegetal de regenerantes 	<ul style="list-style-type: none"> 1 - Isolamento e retirada dos fatores de degradação 2 - Controle de competidores 3 - Condução da regeneração natural 4 - Introdução de mudas em grupos adensados 5 - Introdução de poleiros artificiais 6 - Transposição de galharia 	<ul style="list-style-type: none"> 4 - Adensamento 5 - Enriquecimento
Área com presença de frutíferas	<ul style="list-style-type: none"> - Abrigo para a fauna - Habitat de dispersão de sementes - Presença de cobertura vegetal com frutíferas 	<ul style="list-style-type: none"> 1 - Implementação de Sistemas Agroflorestais 	
Área ocupada com residência	<ul style="list-style-type: none"> - Presença de habitações - Descarte incorreto de resíduos 	<ul style="list-style-type: none"> 1 - Educação ambiental 	
(*) Incondicionais		(**) Condicionada a avaliação prévia	

5.3.2 Área de solo exposto

1ª Etapa – Isolamento e retirada dos fatores de degradação

É fundamental realizar o isolamento da área onde será feito o projeto de recuperação. Esta etapa é imprescindível nas ações de restauração e se aplica para todas as tipologias descritas nesta pesquisa (Tabela 03), variando apenas o tipo de isolamento que deve ser em conformidade com o fator de degradação atual.

2ª Etapa – Controle de Erosão na área afetada

Essa etapa consiste na estabilização dos processos erosivos presentes na área de estudo. Silva (2020) afirma que a erosão de solo em locais ambientalmente desequilibrados acelera o processo, pois o solo fica vulnerável às ações antrópicas e às precipitações. Portanto, é necessário implementar medidas que contenham o avanço de voçorocas e ravinas, bem como os processos relacionados a erosão laminar.

Para o controle da erosão, as práticas conservacionistas se dividem em técnicas edáficas, vegetativas e mecânicas (MAGALHÃES, 2021). Neste trabalho, é recomendado que sejam escolhidas tanto as técnicas mecânicas quanto as vegetativas, devido ao estágio avançado das situações atuais na área (Figuras 12,13,14). As técnicas mecânicas caracterizam-se pela utilização de máquinas, que ajudam na modificação do relevo com o objetivo de atenuar declives. Através dessas estruturas, torna-se possível promover a interceptação e condução do escoamento superficial, reduzindo sua velocidade e a capacidade de desprender partículas (PRUSKI, 2009). Já as técnicas vegetativas são importantes porque envolvem o uso de plantas para estabilizar o solo e reduzir a erosão. As raízes das plantas ajudam a manter o solo coeso, enquanto a cobertura vegetal protege a superfície do solo contra o impacto direto da chuva, aumentando a infiltração de água no solo.

Silva *et al.* (2018) afirmam que o ajuste do relevo contribui para a estabilização do solo no controle da erosão. Esse processo ajuda na adequação do relevo à paisagem e na instalação de estruturas para evitar o deslocamento das partículas sólidas provenientes do solo exposto. Neste trabalho, duas etapas são necessárias para realizar o controle da erosão: a suavização dos taludes e a construção de barreiras no interior das voçorocas.

- Suavização de Taludes:

Esse processo envolve o ajuste da inclinação de taludes para reduzir a velocidade da água e minimizar o impacto erosivo. Isso pode ser feito através de técnicas como a

criação de taludes mais suaves ou a instalação de estruturas físicas para dissipar a energia da água.

Saraiva (2022) argumenta que, para realizar o processo de recuperação no interior de uma voçoroca, é necessário trabalhar com taludes menos íngremes, o que facilita o plantio de espécies vegetais nativas em toda a área afetada pela voçoroca, incluindo áreas afetadas por erosão em sulcos e até mesmo erosão laminar. Além disso, nas áreas de encostas, é necessário diminuir a inclinação para facilitar os procedimentos de tratamento. O solo retirado também pode ser reaproveitado para recompor o perfil do solo nas áreas mais afetadas pela perda, melhorando a infiltração de água e diminuindo a compactação.

Ainda segundo o mesmo autor, a suavização deve ser realizada de forma mecanizada, ou seja, com o auxílio de um trator que fará a remoção da parte mais externa e íngreme da voçoroca e das encostas, de modo a obter uma inclinação menos íngreme que possibilite o plantio não só na parte interna, mas em toda a camada erodida. Essa abordagem não apenas facilita a estabilização do solo, mas também promove uma recuperação mais abrangente e sustentável da área degradada.

- Construção de barreiras dentro das voçorocas (Paliçadas):

São estruturas feitas de materiais como palha, madeira ou outros materiais orgânicos que são colocadas em encostas para diminuir a velocidade da água da chuva e proteger o solo contra a erosão. Elas ajudam a reter sedimentos e promovem a infiltração da água no solo.

Machado *et al.* (2006) recomendam o uso de paliçadas para quebrar a força da enxurrada e reter sedimentos dentro da voçoroca, sugerindo a utilização de materiais de baixo custo, como bambu, pneus usados e sacos de ráfia. Eles salientam que, para obter eficiência nessas estruturas, é crucial fazer uma boa escolha do local para a sua instalação, ou seja, onde os barrancos apresentem firmeza suficiente para suportar a força exercida pela enxurrada.

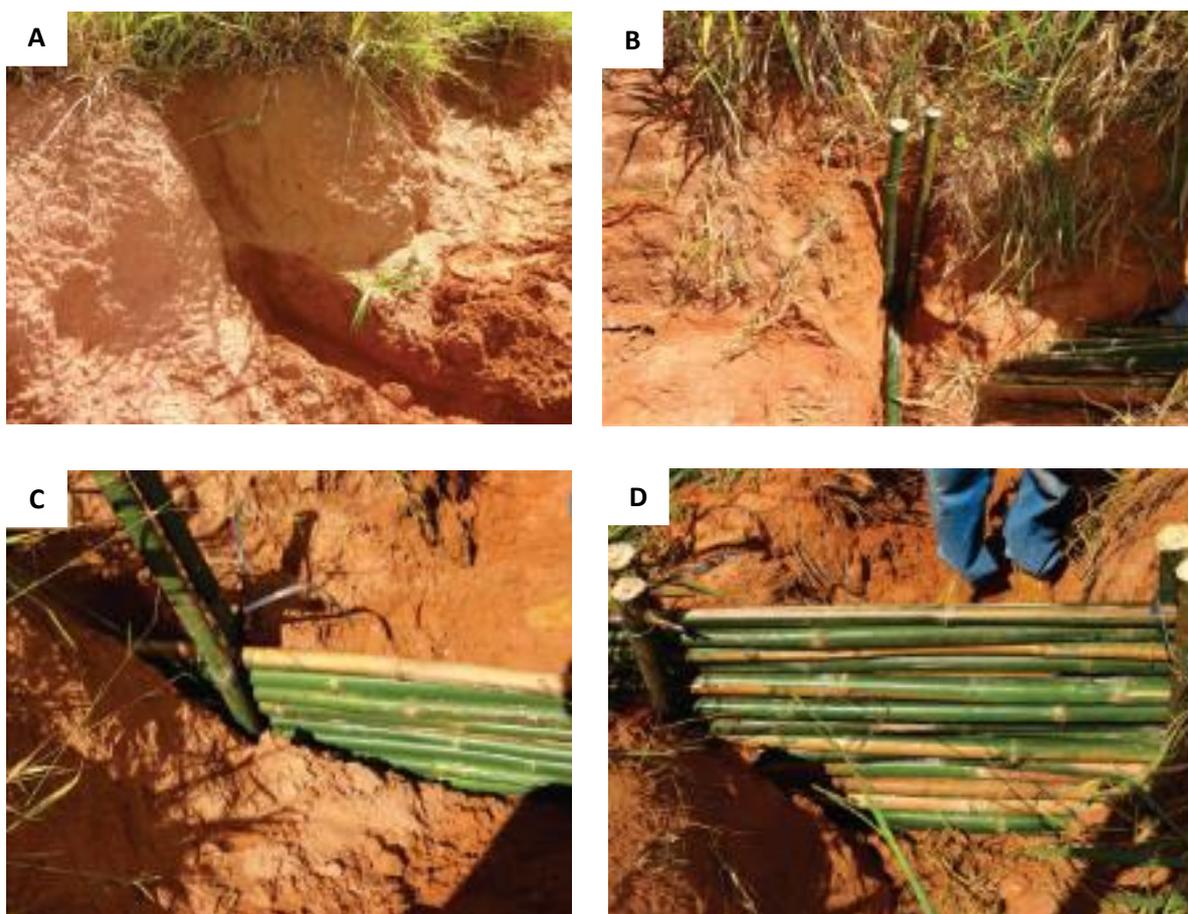
Para a construção dessas estruturas, Nunes *et al.* (2023) Pg.2, mencionam como deve ser realizado o procedimento para a execução dessa técnica:

A montagem dos barramentos das estruturas de bioengenharia inicia-se com o corte das paliçadas de bambus, a partir das

medidas de largura das erosões realizadas anteriormente em campo com uso de trena. Após são instaladas estacas verticais de apoio para fixação e amarração com arame dos bambus na posição horizontal. Para finalizar são instaladas as mantas de sombrite de polietileno na parte frontal, cujo objetivo é diminuir a velocidade do escoamento superficial em período de chuva, bem como, a contenção de sedimentos e demais materiais vegetais (galhos, folhas etc.). (NUNES *et al.*, 2023, p. 2).

A seguir são apresentadas imagens (Figura 23 A, B, C, D) ilustrativa do trabalho de montagem para implantação das paliçadas, destinadas a estabilização de voçorocas, conforme metodologia adotada por Francisco (2014).

Figura 23 - Montagem das paliçadas de bambu para contenção de voçorocas



Fonte: Francisco (2014)

3ª Etapa – Análise Física e Química do Solo

Em geral, nas ações de restauração, notadamente naquelas áreas que apresentam solos degradados como é caso da área em estudo, se faz necessária a realização de análises químicas e físicas do solo, pois estas são fundamentais para avaliar a eficácia da intervenção e para definir futuras ações de manejo do solo.

- Procedimento para realização de análises física e química do solo:

No primeiro momento, deve ser feita a checagem do pH e a disponibilidade de nutrientes existentes no solo. Esse procedimento de avaliar o pH é muito válido, pois, segundo Vargas *et al.* (2019), a aplicação de calcário é a principal alternativa para a correção da acidez e facilita a criação de um ambiente favorável ao crescimento radicular, diminuindo a atividade de elementos tóxicos.

Num segundo momento, após realizar o processo de análise química deve-se dar prosseguimento e fazer as análises físicas. Segundo Rego *et al.* (2023), esse método colabora na caracterização e classificação dos solos, auxilia na determinação de propriedades físicas, como textura, estrutura, densidade, porosidade, permeabilidade, carbono, entre outras. Com o apoio dessas informações, é possível compreender melhor as condições físicas do solo e sua capacidade para o crescimento de plantas, além de auxiliar na escolha das práticas de manejo adequadas.

4ª Etapa – Adubação e Calagem de Solo

Após a intervenção mecânica para conter a propagação dos processos erosivos existentes na área de estudo e realização das análises físicas e químicas do solo, pode ser necessário realizar o trabalho de adubação e calagem no solo no caso de serem identificadas deficiências nutricionais e de pH.

Sobre a aplicação das técnicas de adubação e calagem em áreas de voçorocas, Magalhães (2021) pg. 89 ressalta que:

Os solos de voçorocas, em geral, sofrem de baixa fertilidade devido à elevada declividade, riscos de deslizamentos, dificuldade de aderência das partículas, exposição de horizontes B, C e de rochas, além da baixa retenção de umidade e disponibilidade de nutrientes. Por isso, é importante realizar a etapa de preparo do solo com adubação e calagem, a fim de aumentar sua fertilidade, diminuir sua acidez e permitir o crescimento da vegetação. A revegetação

busca formar uma camada orgânica (horizonte A), introduzindo plantas, nutrientes e biota” (Magalhães, 2021, p. 89).

Ferreira (2015), em seu trabalho enfatiza sobre a quantidade de nutrientes que podem ser utilizados em voçorocas com predominância de saprólito (Tabela 04).

Tabela 04: Recomendação de nutrientes para solo de voçorocas

Elemento	Kg/ha	Elemento	Kg/ha
Nitrogênio	60	Boro (B)	1,2
Fósforo (P)	100	Cobre (Cu)	0,3
Potássio (K)	100	Manganês (Mn)	0,5
Cálcio	2,9	Molibdênio (Mo)	0,05
Enxofre (S)	2,3	Zinco (Zn)	3,6

Fonte: Ferreira (2015)

Para a aplicação de calagem é recomendável que o calcário seja distribuído uniformemente sobre a área afetada, sendo aconselhável utilizar um espalhador para realizar a sua dispersão e pode ser feito por meio de aração ou gradagem, pois as condições do terreno permitem que tal processo aconteça de forma correta.

5ª Etapa - Recuperação da vegetação

A recomposição florestal é importante em áreas que sofreram degradação intensa e que necessitam deste procedimento para retomarem as funções que exerciam no ambiente (SILVESTRIN, 2014). Após a correção do solo, no caso de ter sido necessária, a recomposição florestal desempenha um papel crucial na recuperação ecológica dessas áreas.

Para aplicação do processo da recuperação de vegetação, a escolha das espécies para recomposição florestal é um processo fundamental, pois geralmente o solo apresenta alguma restrição ao crescimento adequado de plantas e estas devem ser adaptadas às condições edáficas (SILVESTRIN, 2014). Vanmaercke *et al.* (2016), afirmam que a compreensão dos processos controladores das voçorocas é fundamental para que se consiga fazer sua recuperação de forma adequada. Para tanto, Tavares *et al.* (2008) recomendam que a cobertura ao redor e dentro das voçorocas sejam realizadas

com espécies de leguminosas e com plantas herbáceas e arbustivas de diferentes espécies, principalmente as que se adaptam as condições edafoclimáticas do local. No caso das leguminosas, sua indicação é importante tanto por permitir a cobertura do solo, principalmente as herbáceas, mas principalmente por contribuir com a fixação de nitrogênio no solo.

Em relação a proteção superficial de taludes, Magalhães (2021) destaca a importância do processo. Segundo o autor, esse procedimento é capaz de evitar a exposição ao intemperismo, impedindo assim processos erosivos e diminuindo a infiltração da água no solo. Para o local de estudo sugere-se que sejam utilizadas alternativas naturais para realizar a recuperação de forma eficaz dos taludes, por exemplo revegetação.

O cultivo de leguminosas em taludes é altamente recomendado devido à sua rápida e fácil decomposição, que aumenta a fertilidade do solo e a disponibilidade de matéria orgânica e substâncias estabilizadoras (MARTINS, 2013). As leguminosas podem ser herbáceas, arbustivas ou pequenas árvores, preferencialmente capazes de formar simbiose com *Rhizobium* e fixar nitrogênio atmosférico. As gramíneas, por outro lado, decompõem-se mais lentamente, melhorando a estabilidade dos agregados do solo a longo prazo e proporcionando maior cobertura e proteção do talude (MARTINS, 2013).

Para a cobertura de taludes, recomenda-se a escolha de espécies que não sejam exigentes em relação às condições físico-químicas do solo, que apresentem cobertura rápida, sistema radicular profundo e crescimento vigoroso, e que não sejam frágeis ou produzam frutos grandes e pesados. Deve-se priorizar espécies adaptáveis às condições climáticas locais e de fácil obtenção (MARTINS, 2013). O mesmo autor enfatiza que a escolha das espécies e da técnica de aplicação varia conforme o tipo de solo, inclinação do talude, condições locais, disponibilidade de mudas, sementes e recursos financeiros.

Uma opção a ser adotada após a contenção do talude na tipologia de solo exposto pode ser a mencionada por Ferreira (2015), na qual é indicado para o plantio a proporção de 50% de espécies pioneiras, 45% de espécies secundárias e 5% de árvore frutíferas. Para o plantio, além da disponibilidade de mudas para serem adquiridas, se faz necessário a limpeza e preparo do terreno, definição do espaçamento, coveamento e adubação, se precisar a correção nutricional. As etapas precedentes ao plantio são os

cuidados relativos ao combate às formigas cortadeiras e coroamento das mudas. A indicação de árvores frutíferas, mesmo que exóticas (não invasoras) são importantes para atrativo da fauna polinizadora e dispersora e como opção de alimento para as comunidades de entorno.

5.3.3 Área com mata secundária:

1ª Etapa - Isolamento e retirada dos fatores de degradação

Conforme já comentado na tipologia de solo exposto essa etapa é crucial em todo projeto de restauração ambiental, pois visa cessar os fatores atuais de degradação, além de possibilitar maior eficácia das técnicas a serem empregadas. Assim, para a presente tipologia é recomendado não haver mais corte da vegetação nativa remanescente e, portanto, as ações de educação ambiental são certamente mais indicadas que o isolamento físico (cercas, muros, etc), uma vez que o entorno imediato da área é de moradias. De forma complementar pode ser preciso o isolamento com cercas, caso nessa área tenha entrada de animais domésticos herbívoros.

2ª Etapa – Controle de espécies invasoras

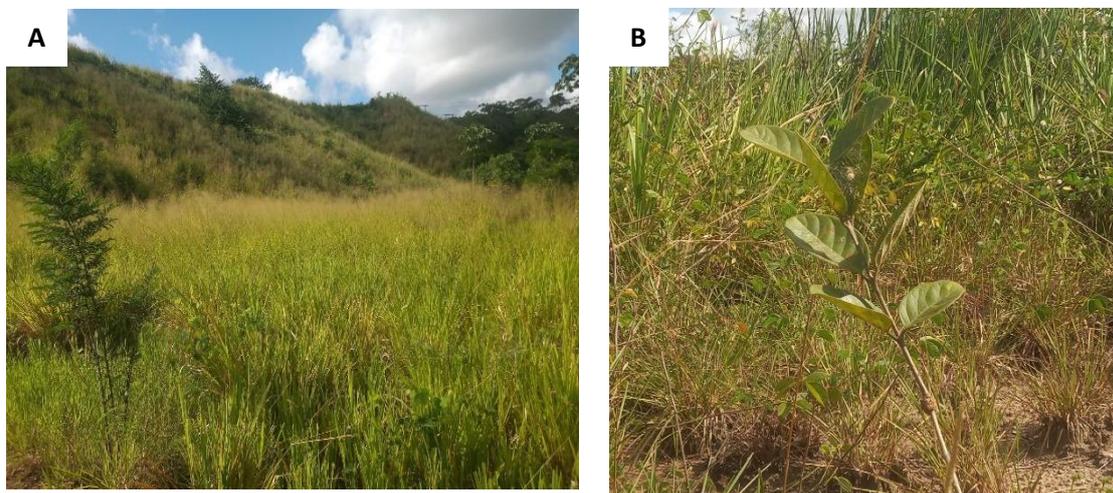
No caso de áreas degradadas com a presença de espécies invasoras, como registrado nessa tipologia (Figuras 25 A, B), a principal recomendação é que seja realizado o manejo adequado das espécies invasoras que existem no local. A erradicação de espécies invasoras em áreas degradadas é de fundamental importância para a manutenção da biodiversidade, principalmente tratando-se de áreas de preservação (BASTOS, 2008).

- Controle de Gramíneas:

O controle de gramíneas exóticas invasoras é um dos principais desafios na restauração florestal. Essas plantas podem intensificar a competição por recursos, alterar as condições abióticas do ambiente e prejudicar o desenvolvimento de mudas ou sementes de espécies nativas, instaladas tanto natural quanto artificialmente. A presença dessas invasoras pode, portanto, determinar o sucesso ou insucesso do projeto de restauração (NALON *et al.*, 2008). A ocorrência de espécies de gramíneas exóticas na

área de estudo é um problema a ser solucionado, por isso há necessidade de controle dessas invasoras antes mesmo de qualquer ação de restauração que busque trazer biodiversidade.

Figura 24 - Gramíneas ocorrentes na área de estudo, Paudalho – PE



Fonte: Autor (2024)

No controle de plantas invasoras em áreas de recuperação, são adotados manejos integrados através de métodos de controles manuais, físicos, mecânicos e químicos para garantir o sucesso da restauração florestal. Embora existam diferentes métodos de controle de plantas daninhas disponíveis, os métodos químicos são os mais utilizados (Reis *et al.*, 2019; Carneiro *et al.*, 2020). De acordo com Nunes *et al.* (2018), o emprego de herbicidas exerce uma função importante para retardar ou reduzir a germinação dessas espécies. Em contrapartida é um método que leva a morte dos indivíduos regenerantes e dos polinizadores. Assim, apesar de ser bastante utilizado recomenda-se para a área de estudo o uso de outros métodos, principalmente o controle manual do tipo coroamento, por se tratar de uma área com presença de regenerantes e ter pouca extensão.

Kageyama *et al.* (2003) destacam o uso do herbicida glifosato como um instrumento fundamental na remoção de plantas competidoras, devido à sua ausência de efeito residual, o que assegura um bom controle de plantas de propagação vegetativa. Herbicidas à base de glifosato são os mais utilizados no mundo, representando aproximadamente 60% das vendas globais. O glifosato pertence à classe dos herbicidas organofosforados e é eficaz na eliminação de plantas lenhosas, ervas daninhas de folha

larga e gramíneas (NAGIS *et al.*, 2022). A Embrapa (2015) também enfatiza o uso do glifosato antes do plantio de mudas, destacando a importância da proteção delas após o plantio.

Garba *et al.* (2021) afirmam que o uso excessivo de pesticidas supera em muito as capacidades naturais de degradação, fazendo com que persistam em várias partes do meio ambiente. Baseado nisso, Nieweglowski-Filho (2014) argumenta que uma aplicação inadequada do produto pode ter efeitos negativos, como o aumento do banco de sementes de espécies não controladas, perdas financeiras com gastos de aplicação, além de contaminação ambiental e prejuízos à saúde.

Para o manejo correto do herbicida, Pessi *et al.* (2017) pg. 26 e 27, argumenta que:

As entradas dos agentes agroquímicos no corpo podem ocorrer através da boca, olhos, pele ou da inalação durante todas as fases do manuseio, seja ela antes, durante ou após aplicação. É de grande importância o uso dos equipamentos de proteção individual (EPI's) para evitar essas exposições que levam a graves problemas para a saúde. Os EPI'S são: luvas, respiradores, máscaras faciais, jaleco, calça, boné árabe, botas e avental. O uso dos EPI's é obrigatório durante e após alguns dias da aplicação. O armazenamento deve ser feito em local arejado, longe do contato com crianças, animais e outros produtos. Ao se preparar a calda para aplicação, esta deve ser feita com cautela e usando os EPI's. A aplicação do glifosato pode ser feita por meio do pulverizador costal manual, aviação e veículos motorizados (PESSI *et al.*, 2017, pág. 26 e 27).

Assim, diante dos pontos negativos apontados para o uso do herbicida glifosato ressalto a importância do controle mecânico e manual das espécies invasoras para a área, que tem uma paisagem urbana, com manchas de vegetação nativa, presença de animais domésticos e silvestres e presença de regeneração natural.

3ª Etapa – Condução da Regeneração Natural

Considerando que na tipologia existem vários indivíduos regenerantes de diferentes espécies da floresta atlântica recomenda-se para a área o uso da técnica de

condução da regeneração natural. De acordo com Rodrigues e Gandolfi (2007), essa ação é fundamental para áreas antropizadas que expressaram potencial de regeneração natural com ocorrência de indivíduos regenerantes depois de um período de retirada dos fatores de degradação.

Silva *et al.* (2022) pg. 1662, argumenta sobre a importância desse processo:

A regeneração natural é iniciada pela dispersão de propágulos. Assim, estudos para caracterização dos indivíduos regenerantes possibilitará conhecer o banco de sementes/plântulas da área, bem como a distribuição da comunidade vegetal, e as informações obtidas subsidiará inferências a respeito do comportamento e desenvolvimento da floresta no futuro. Tal análise é possível pois o conjunto de indivíduos jovens estão aptos a serem recrutados para os estádios posteriores. (SILVA *et al.*, 2022, Pg 1662).

Para que o sucesso da regeneração natural ocorra de maneira positiva, há necessidade da criação de ações voltadas a manutenção correta do processo. Nesse sentido, Magalhães (2021) elaborou em seu trabalho, um planejamento de atividades que podem ser feitas para promoção da sucessão ecológica (Tabela 05).

Tabela 05: Descrição de Atividades para fase de manutenção

Atividades	Descrição
Irrigação	Deve ser feita em caso de plantio fora do período chuvoso, logo após o semeio. Pode ser feita mais vezes, em caso de murcha das plantas
Controle de espécies invasoras	Deve ser feita a retirada de espécies competidoras de 30 a 40 dias após o plantio. Recomenda-se fazer de 4 a 5 manutenções
Adubação de cobertura	Deve ser feita de 45 a 60 dias após o plantio, para suprir as deficiências nutricionais. Se necessário, pode ser realizada mais vezes
Limpeza dos aceiros	Eliminar plantas daninhas, palhas, folhas, resíduos, entulho ou qualquer material que possa ser combustível
Combate a formigas cortadeiras	Aplicar medidas de controle: controle de cultura, mecânica ou químico, sendo o último o mais eficaz
Coroamento	Limpeza ao redor das mudas por meio de herbicidas ou capina manual
Replantio	Ressemeio manual durante o primeiro ano de estabelecimento da vegetação, a ser realizado de 2 a 3 vezes após a implantação, no primeiro ano
Reparos	Observar as condições de cercamento, e dos dispositivos de drenagem. Se necessário, fazer reparos para correções

Fonte: Magalhães (2021)

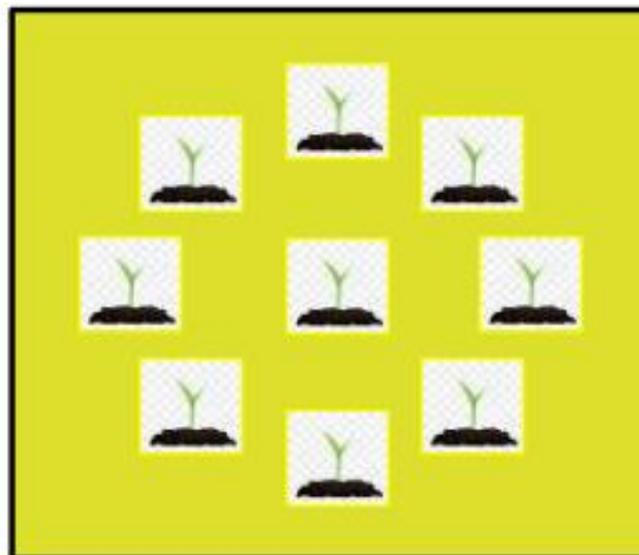
4ª Etapa - Introdução de mudas em grupos adensados

Por fim, recomenda-se para o avanço da restauração dessa área a introdução de mudas em grupos adensados, considerando ser uma técnica nucleadora que visa o plantio com espécies nativas em menor número que os plantios em área total, permitindo o avanço do processo sucessional e a integração das comunidades biológicas.

Reis e Tres (2007) argumentam que introduzir espécies por meio do plantio de mudas é uma forma efetiva de ampliar o processo de nucleação. A importância dessa técnica reside na seleção de espécies de modo que forme pequenos núcleos de espécies com forte poder de nucleação. Assim, as espécies selecionadas devem apresentar potencialidade de interações a médio e a longo prazo, deixando para as outras técnicas o suprimento das espécies pioneiras.

Duarte (2021) ressalta que o núcleo de Anderson (1953) consiste no plantio de mudas, onde as mesmas são plantadas em grupos favorecendo a espécie central, com desenvolvimento rápido e as laterais, com desenvolvimento lento, com intuito de favorecer as condições da espécie central (Figura 25).

Figura 25 - Croqui do Núcleo de Anderson



Fonte: Duarte (2021)

Os núcleos de Anderson são formados com cinco, nove ou 13 mudas com espaçamento de 0,5 a 1 metro. As mudas centrais são beneficiadas no desenvolvimento em altura e as laterais no crescimento das ramificações. A importância dessa técnica está na escolha das plantas que formarão a nova comunidade e que possibilitarão resgatar a biodiversidade local (MARTINS, 2017).

Para a tipologia de mata secundária, essa técnica pode ser implantada e tende a gerar resultados positivos. Mediante isso, para sua aplicação na área de estudo deve-se fazer grupos com núcleos de 5 mudas, com espaçamento de 0,5 metro nos trechos com clareiras e/ou onde forem retiradas as gramíneas exóticas. Quanto a realização de plantio de mudas, a adubação pode ser necessária. Esta tem por função realizar a correção do solo impactado suprindo-o de nutrientes essenciais para o crescimento das mudas nos primeiros anos do plantio (Neto *et al.*, 2022). Essa técnica além de auxiliar na recuperação e desenvolvimento das mudas, colabora de forma positiva para o controle de plantas daninhas, promovendo a sua rápida cobertura, reduzindo assim o estabelecimento de espécies invasoras (BARRADAS, 2010).

5.3.4 Área de vegetação remanescente

A área de vegetação remanescente trata-se da tipologia vegetacional com melhor *status* de conservação da área de estudo. Apesar disso, ainda apresenta diferentes aspectos de degradação, a exemplo da presença de clareiras, presença de espécies arbóreas exóticas, presença de gramíneas invasoras entre outros impactos. Assim, recomenda-se para essa área além do isolamento do fator de degradação, o controle de exóticas e invasoras e o adensamento da cobertura vegetal.

1ª Etapa – Isolamento e retirada dos fatores de degradação

Considerando que os fatores de perturbação são os mesmos na área em geral recomenda-se para essa tipologia adotar as metodologias sugeridas no item 5.3.3.

2ª Etapa – Controle de espécies exóticas arbóreas e invasoras herbáceas

Esta ação consiste na remoção de espécies exóticas invasoras que dificultam o avanço da sucessão ecológica na área de estudo. Ao contrário das tipologias anteriores,

além das gramíneas, há o desenvolvimento de espécies arbustivas e arbóreas de diferentes alturas que impedem o crescimento das espécies nativas (Figura 16). Nunes *et al.* (2018) argumentam que o desenvolvimento de espécies exóticas invasoras nos ambientes naturais em regeneração é uma das causas de redução da biodiversidade.

No intuito de realizar a remoção dessas espécies, sem que aconteçam aberturas de clareiras dentro da área uma solução viável proposta é a realização do anelamento das espécies invasoras arbóreas. Azevedo *et al.* (2012) pg. 316 argumenta sobre a importância dessa técnica:

A redução da vegetação sem aproveitamento comercial pode ser feita por meio da aplicação de uma técnica conhecida como anelamento, que consiste na retirada da casca e da entrecasca, formando um anel completo em torno do fuste da árvore, provocando uma descontinuidade nos elementos condutores. As árvores aneladas perdem, de forma lenta, primeiramente as folhas, depois os pequenos ramos e finalmente os galhos mais desenvolvidos. Consequentemente, quando a árvore está totalmente morta, sua queda diminui o impacto sobre a vegetação remanescente. Esse processo não implica brusca admissão de luz sobre o solo florestal, reduzindo ao mínimo as possibilidades de sua dessecação pela ação do sol e do vento (AZEVEDO *et al.*, 2012, pg. 316).

Além do anelamento a ser realizado as exóticas arbóreas para esta tipologia, ainda se recomenda a remoção das espécies daninhas, podendo serem aplicadas as mesmas técnicas que foram indicadas na terceira etapa do item 5.3.3.

3ª Etapa – Técnica de Adensamento

Para as áreas de clareiras presentes no interior do remanescente florestal, bem como os trechos da mata que as árvores de maior porte serão aneladas recomenda-se o uso da técnica de adensamento.

A técnica de adensamento é aplicada em áreas onde a regeneração natural exhibe uma baixa densidade de indivíduos arbóreo-arbustivos, ocorrendo a presença de espaços abertos em alguns trechos e/ou a presença de gramíneas exóticas invasoras. Nesses

casos, o adensamento é realizado para preencher as falhas e promover uma cobertura vegetal mais uniforme, contribuindo para a recuperação do ecossistema. A técnica de adensamento oferece vantagens significativas para a restauração florestal, pois permite controlar a propagação de espécies agressivas enquanto favorece o crescimento de espécies que toleram sombra. Contudo, seu custo de implantação é mais elevado em comparação com a regeneração natural, já que exige o plantio de mudas ou semeadura direta (RODRIGUES *et al.*, 2015).

5.3.5 Área em regeneração natural

Recomenda-se que as etapas de isolamento e retirada dos fatores de degradação (etapa 1), controle de competidores (etapa 2) e de condução da regeneração natural (etapa 3) sejam semelhantes as indicadas para a tipologia “Área com mata secundária” (Item 5.3.3), considerando as semelhanças nas características diagnósticas em ambas as tipologias, com exceção da presença de vegetação secundária (capoeira) em alguns trechos que não estão presentes nessa “área em regeneração natural”.

Além dessas etapas mencionadas acima indica-se um módulo de restauração com as técnicas de introdução de mudas em grupos adensados, introdução de poleiros artificiais e transposição de galharia.

4ª Etapa – Introdução de mudas em grupos adensados

Recomenda-se para essa etapa realizar o plantio de mudas em grupos adensados para que o processo de recuperação da área avance em conformidade com o processo de sucessão secundária da área. Como referência para essa etapa, podem ser seguidas as metodologias descritas no item 5.3.3, que detalham as técnicas e os critérios para a escolha e organização das espécies, visando o sucesso na regeneração e sustentabilidade do ecossistema restaurado.

5ª Etapa - Transposição de galharia e introdução de poleiros artificiais

A transposição de galharias é uma técnica nucleadora feita no formato de pilhas de lenha ou resíduo florestal que visa atrair pequenos roedores, anfíbios, aves, com o

objetivo de dispersarem sementes no local, além de proteger o solo contra o próprio aquecimento solar, que é característico de áreas degradadas (DANTAS *et al.*, 2022). Para implementação dos núcleos de galharias na tipologia, deve-se primeiramente fazer a coleta do material lenhoso, que pode ser conseguido através dos restos de poda ou da própria área em recuperação, utilizando troncos e galhos.

Em seguida, se faz necessário distribuir os galhos coletados de maneira homogênea pela área de regeneração natural, evitando o acúmulo excessivo em um único local. É importante garantir que os galhos não bloqueiem completamente a luz sobre o solo, permitindo o crescimento das plântulas. Leite (2016) realizou a implementação de galharias numa área de desertificação no semiárido paraibano, utilizando o modelo citado na Figura 26. O modelo citado pelo autor pode servir de referência para a área de estudo. Por fim, depois de ser feita a transposição, é importante monitorar a evolução da regeneração natural. Para isso, deve-se perceber o surgimento de espécies nativas e ajuste na distribuição dos galhos, se necessário, para garantir que o processo de regeneração continue sem dificuldades.

Figura 26 - Transposição de galhada instalada no núcleo de desertificação do Seridó, PB



Fonte: Leite (2016)

A utilização de poleiros artificiais é uma ação muito importante, pois como menciona Dantas *et al.* (2022) essa técnica tem o objetivo de atrair aves e morcegos, que durante o pouso podem dispersar grandes quantidades de sementes. Em sua implementação, deve-se estar atento a escolha dos locais para instalação, pois devem ser

colocados em locais com maior acesso para as aves. Como por exemplo, em áreas abertas para facilitar o processo de regeneração natural.

Após a escolha dos locais, deve ser feita a construção dos poleiros. Que podem ser construídos de maneira simples, com madeira ou materiais de bambu. Em relação ao formato devem ser feitos de forma vertical, com galhos que imitem o ambiente natural, onde as aves possam pousar e descansar. A altura dessas estruturas, devem ter cerca de 2 a 3 metros. Assim como a transposição de galharias, nessa metodologia deve ser empregado seu monitoramento. Para tanto, deve-se ter atenção se estão sendo usados pelas aves e se precisam de ajustes na altura ou localização. Assim como, é necessário fazer a manutenção periódica, que consistem em substituir ou reforçar os poleiros.

5.3.6 Área com presença de frutíferas

Na área de estudo, observa-se a presença de espécies frutíferas de porte elevado, que pode ser considerado um excelente abrigo para a fauna local, além de apresentar uma significativa cobertura vegetal. Essa vegetação serve como habitat, bem como facilita a dispersão de sementes, promovendo a regeneração natural e a continuidade dos processos ecológicos. Devido a essas características, não há necessidade de manejo com técnicas tradicionais de recuperação ambiental.

Entretanto, para que o local apresente benefícios ecossistêmicos, tanto para os moradores locais quanto para a área degradada, recomenda-se a implementação de sistemas de quintais ou SAF. Essas práticas integradoras promovem uma abordagem sustentável que combina a produção agrícola com espécies florestais, resultando em um ambiente mais diversificado. Miccolis *et al.* (2017) reconhecem os sistemas agroflorestais como um manejo sustentável da terra, e destacam sua importância na possibilidade de concilia-lo a produção de alimentos, produtividade de serviços ambientais e sociais, além de impulsionar a recuperação de ambientes degradados.

A construção dos sistemas agroflorestais tende a trazer resultados positivos na recuperação do ambiente degradado. Entretanto, antes de sua implantação e imprescindível realizar o diagnóstico detalhado do local, pois este permite que seja feito um planejamento eficaz para as etapas posteriores. Além disso, são muitos os benefícios comunitários e ambientais que a criação dos quintais e dos sistemas agroflorestais

podem gerar nas residências de entorno a área de frutíferas, são eles: o engajamento da comunidade local, melhoria das condições ambientais, geração de renda, conservação ambiental do local de estudo, contribui para a saúde ambiental e para aumento da biodiversidade.

5.3.7 Área com ocupação de residências

Nas proximidades da área de exploração mineral, foi detectada a presença de residências. Devido a isso, optou-se por criar uma tipologia no mapa de descrição ambiental (Figura 3). Para fornecer aos moradores acesso ao conhecimento, indica-se um plano de educação ambiental, com o intuito de promover uma melhor relação das pessoas com as questões ambientais e com as propostas de recuperação do solo e da vegetação.

Para que a execução desse plano venha acontecer de forma positiva, podem ser seguidas algumas etapas importantes. São elas:

- A) **Diagnóstico Inicial:** O primeiro passo é coletar informações sobre a comunidade local, incluindo o número de residências, perfil dos moradores, principais fontes de renda, práticas de descarte de lixo e cultivo de plantas. Após isso, deve ser feito a identificação dos principais problemas ambientais enfrentados pela comunidade, como descarte inadequado de lixo, acesso a saneamento básico, etc.
- B) **Planejamento do programa:** posterior ao diagnóstico, devem ser definidos os objetivos do programa. Afim de estabelecer metas a serem alcançadas, para facilitar nesse planejamento podem ser realizadas parcerias com a prefeitura municipal, escolas e outros órgãos afim de organizar debates, visitas porta a porta, mutirões de atividades na iniciativa de engajar os moradores a promoverem a prática de ações ambientais.
- C) **Implementação:** essa fase é fundamental para planejar o andamento das atividades. Para tanto, pode ser elaborado um calendário de atividades no intuito de estabelecer um cronograma, garantindo a participação dos moradores. Além disso, é importante promover a distribuição correta de recursos para que sejam

garantidos os materiais necessários aos participantes e capacitação dos grupos de atuação.

D) Monitoramento: Para que o programa garanta o sucesso, desde o início da implementação deve-se acompanhar os resultados para saber informações sobre o progresso das ações elaboradas. Por meio do feedback dos moradores será capaz de identificar pontos positivos e negativos, afim de poder ajustar as ações conforme as deficiências que forem encontradas.

5.3.8 Ações complementares

Essas ações não são obrigatórias de serem executadas nas indicações para o presente trabalho. Entretanto, em caso de necessidade, após a aplicação das ações prioritárias essas técnicas são sugeridas no intuito de ampliar o sucesso da restauração florestal. O adensamento, enriquecimento e o uso de poleiros e transposição de galharias desempenham papéis específicos e complementares na recuperação de áreas degradadas. Cada uma dessas técnicas contribui de maneira distinta para a restauração ecológica.

A) Adensamento: de acordo com Skorupa *et al.* (2021) esta técnica é utilizada para preencher espaços de regeneração com espécies de rápido crescimento, cobrindo toda a área em recomposição e permitindo um controle mais rápido das plantas invasoras exóticas ou de processos erosivos. Nessa ação, se houver regeneração natural, é necessário introduzir espécies nativas de estágios iniciais de sucessão nos espaços com falhas de regeneração. Esse procedimento acelera a cobertura do solo e aumenta a chance de suprimir espécies indesejáveis. O Adensamento pode ser feito com espécies pioneiras de crescimento rápido, através de semeadura direta, plantio de mudas ou propagação vegetativa, melhorando as condições do solo e aumentando a diversidade em áreas distantes de vegetação nativa remanescente (SKORUPA *et al.*, 2021).

B) Enriquecimento: é indicado quando a área apresenta regeneração natural de espécies pioneiras, necessitando, contudo, introdução de espécies tardias da sucessão ecológica, garantindo que a floresta se mantenha ao invés de declinar com a morte das espécies pioneiras. Essa ação também pode ser feita com introdução de espécies de valor econômico (SKORUPA *et al.*, 2021). As técnicas de adensamento e

enriquecimento podem ser realizadas por meio de sementes, mudas ou por meio de propagação vegetativa (SKORUPA *et al.*, 2021).

C) Implantação de Poleiros Artificiais: Cortines *et al.* (2005) argumentam que a utilização dessa técnica nucleadora tem por objetivo criar um local de pouso às aves, onde elas possam se alimentar, descansar, sentindo-se mais seguras em áreas abertas sem proteção natural contra predadores. Existem diversos tipos de poleiros artificiais, dentre eles destacam-se o poleiro seco que imita galhos secos de árvores, criando locais de pouso para aves, podendo ser construídos com restos de madeira e bambu (GRANI, 2017). Relacionado a isso, Espíndola *et al.* (2014) enfatiza sobre a importância dos poleiros vivos, que imitam árvores vivas, com atrativos alimentícios e/ou abrigo para os dispersores que não utilizam os poleiros secos, como os morcegos e aves frugívoras. A forma como serão feitos, vai depender do grupo da fauna que se quer atrair e do objetivo. Essa técnica é muito usada em projetos de restauração e ajudam a criar locais de descanso para a avifauna, que ao defecarem podem aumentar a disponibilidade de sementes em áreas abertas, que sofrem pela falta de árvores (GUIDETTI *et al.*, 2016).

D) Introdução de galharias: A introdução de galharias ocorre através da retirada do material lenhoso de um determinado local onde houve supressão vegetal, para uma área a ser restaurada. Por meio desse processo, o que antes era enterrado ou levado a destinos licenciados, gerando custos, irá fazer parte da restauração da área. Essa técnica é capaz de atrair a fauna e propiciar uma maior interação entre diferentes espécies, facilitando assim os processos naturais da sucessão e desenvolvimento do ecossistema, proporcionando baixo custo, estabilidade (nenhuma manutenção futura) e benefícios diretos (LEITE, 2016). Ainda segundo a autora, ao introduzir galharias na área em processo de restauração, isso tende a propiciar benefícios de matéria orgânica para o solo.

6 CONSIDERAÇÕES

Diante do diagnóstico e do detalhamento das tipologias presentes na área de estudo, conclui-se que a atividade de exploração de argila contribui para a degradação do sistema solo-vegetação-fauna, comprometendo a biodiversidade de plantas e animais, os serviços ambientais ofertados, e a qualidade ambiental para os moradores que residem no entorno dessas áreas. Contudo, o levantamento botânico identificou a predominância de espécies nativas, especialmente da família Fabaceae, indicando a capacidade de resiliência da área. A presença de espécies nativas sugere que, com as intervenções corretas de recuperação ambiental, como as técnicas de regeneração natural e introdução de espécies pioneiras, é possível promover a recuperação estrutural e funcional do ecossistema, favorecendo a restauração da biodiversidade e a reabilitação dos serviços ambientais.

Assim, acredita-se que o presente trabalho traz contribuições práticas para a recuperação ambiental de áreas impactadas pela exploração mineral, além de ser um incentivo para que mais estudos sejam realizados no município de Paudalho. Diante dos diversos tipos de exploração presentes na região, espera-se que novas pesquisas possam ser desenvolvidas no município visando soluções de problemas decorrentes da exploração de argila e de outras atividades que causem degradação ambiental na região.

Com base nos resultados obtidos, percebe-se o potencial de replicar as práticas de recuperação em diferentes áreas do município, promovendo o fortalecimento de iniciativas que contribuam para a restauração da biodiversidade local. As técnicas indicadas, como a introdução de mudas em grupos adensados, a transposição de galharias e a criação de poleiros artificiais, favorecem na aceleração do processo de regeneração natural e na restauração do ecossistema de maneira eficiente e sustentável. A continuidade de pesquisas relacionadas ao tema pode aprofundar o conhecimento sobre os processos de recuperação ecológica, permitindo o aprimoramento dessas práticas e sua adaptação a diferentes contextos ambientais. Esse avanço pode atuar na criação de políticas públicas mais robustas e estratégias de manejo ambiental

sustentáveis, beneficiando o equilíbrio ambiental e a qualidade de vida dos moradores do município.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, D. S. **Recuperação ambiental da Mata Atlântica**. Revista e Ampliada, 3 ed, p. 2430. ISBN 9788574554402. Ilhéus, 2016.

ARAÚJO FILHO, J. C.; ARAÚJO, M. S. B.; MARQUES, F. A.; LOPES, H. L. Solos. In: MIRANDA, Fernanda Soares de (Org.). **Geodiversidade do estado de Pernambuco**. Recife: CPRM, 2014. p. 109-139.

AYELE, G. T. et al. Time series land cover mapping and change detection analysis using geographic information system and remote sensing, Northern Ethiopia. **Air, Soil and Water Research**, [s.l.], v. 11, p. 1-18, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1177/1178622117751603>. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1178622117751603>. Acesso em: 14 abr. 2021.

AZEVEDO, C. P. DE.; SILVA, J. N. M.; SOUZA, C. R. DE; SANQUETTA, C. R. Eficiência de tratamentos silviculturais por anelamento na floresta do Jari, Amapá. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 42, n. 2, p. 315-324, jun. 2012.

BALLÉ, W. Florestas antrópicas no Acre: inventário florestal no geoglifo Três Vertentes, Acrelândia. Amazôn., Rev. Antropol., (Online), 1, n. 6, p 140-169. 2014. ARAÚJO, C. A. S. **Aplicações de técnicas de sensoriamento remoto na análise multitemporal do ecossistema manguezal na baixada santista, sp**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2010.

BARRADAS, C. A. A. Adubação Verde. Niterói: Programa Rio Rural, 2010. 10p. BERNOUX, M. *et al.* Carbono e nitrogênio em solo de uma cronossequência de floresta tropical - pastagem de Paragominas. **Scientia Agrícola**, v. 56, n. 4, p.777-783, 1999.

BARROS, J. S.; BANDEIRA, I. C. N. **Geodiversidade da ilha do maranhão, escala 1:50.000.** Nota explicativa. CPRM, 2020. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/20597>. Acesso em: 10 abr. 2020. 149p.

BECHARA, F. C. **Unidades demonstrativas de restauração ecológica através de técnicas nucleadoras: floresta estacional semidecidual, cerrado e restinga.** 2006. 248 f. Tese (Doutorado em Recursos Florestais - Conservação de Ecossistemas Florestais) - Universidade de São Paulo/Esalq, Curso de pós-graduação em Recursos Florestais, Piracicaba, 2006.

BEZERRA, F. B.; OLIVEIRA, M.A.C.L.; PEREZ, D.V.; ANDRADE, A.G; MENEGUELLI, N.A. **Lodo de esgoto em revegetação de área degradada. Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 41, n. 3, p. 469-476, 2006.

BORGES, F. H.; TACHIBANA, W. K. **A evolução da preocupação ambiental e seus reflexos no ambiente dos negócios: uma abordagem histórica.** In: Encontro Nac. de Eng.de Produção, 25, 2005, Porto Alegre.

BRASIL. Instrução Normativa IBAMA 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, bem como dos termos de referência constantes dos anexos i e ii desta instrução normativa.** Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/component/legislacao/?view=legislacao&legislacao=118064>.

BRASIL. **Serviço Geológico do Brasil – CPRM.** Diagnóstico do município de paudalho, estado de pernambuco. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005. 11 p. + anexos.

CALIJURI, M. C.; CUNHA, D. G. F. **Engenharia ambiental: conceitos, tecnologias e gestão.** 1.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013. P. 751763.

CALMON, M.; P. H. S. BRANCALION, A. P.; ARONSON, J. P.; CASTRO, S. C. S.; RODRIGUES, R. R. **Emerging threats and opportunities for large-scale ecological restoration in the atlantic forest of brazil.** *Restoration ecology*. v. 19, p. 154–158. 2011.

CANDIDO FILHO, A.; SANTOS, J.J.A.; CANDIDO, B.C.A.; PEREIRA.F.C.; CRUZ, T. M. L. **Recuperação de áreas degradadas**. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia - CONTECC. 2015.

Carneiro, G. D. O. P., de Freitas Souza, M., Lins, H. A., das Chagas, P. S. F., Silva, T. S., da Silva Teófilo, T. M., ... & Silva, D. V. (2020). **Herbicide mixtures affect adsorption processes in soils under sugarcane cultivation**. *Geoderma*, 379, 114626, <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114626>.

CEPEMAR – Serviços de Consultoria em Meio Ambiente Ltda. **Estudo de impacto ambiental do projeto de implantação da central de tratamento de resíduos – terramar**. Relatório Técnico CPM RT 642/08. Vitória, ES: CEPEMAR, 2009.

COIMBRA, Diogo Oliveira *et al.* **Diagnóstico da degradação ambiental em área de preservação do córrego macambira e córrego pindaíba**. *Renefara*. Goiânia, p. 111-131, 2019.

COSTA, T. G. A. ; IWATA, B. F.; ROCHA, I. L; SOUZA, I. R. M. de; PORTO, S. T. R. ; ALVES, A. S. ; FERREIRA, P. F. A. ; RODRIGUES, N. B. Diagnóstico e proposta de recuperação de área degradada sob fisionomia de cerrado em corrente – Piauí. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 12, p. 93976-93989, dez. 2020. DOI: 10.34117/bjdv6n12-020.

COLAVITE, A. P.; Passos, M. M. Integração de mapas de declividade e modelos digitais tridimensionais do relevo na análise da paisagem. **Revista Geonorte**. v. 2, n. 4, p. 1547-1559, 2012

COLESANTI, M. T. de M. *et al.* **Agenda 21 e desenvolvimento sustentável**. Uberlândia: Roma, 2007.

CORTINES, Erika; TIENNE, Leonardo; BIANQUINI, Luana A.; MOROKAWA, Maíra J.; BARBOZA, R. S.; VALCARCEL, Ricardo; ZANDONADI, J. E. **Uso de poleiros artificiais para complementar medidas conservacionistas do projeto de reabilitação de áreas de empréstimo na amazônia, tucuruí-pa**. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE ÁREAS DEGRADADAS, 6.; congresso latino-americano de recuperação de áreas degradadas, 2., 2005, Curitiba/PR. Anais [...]. Curitiba/PR: SINRAD, 2005. p. 61-70.

CUNHA, N. R. S. **A intensidade da exploração agropecuária como indicador da degradação ambiental na região dos cerrados, brasil.** Rer, Piracicaba, v. 46, n. 2, p. 291-323, jun. 2008.

DANTAS, C. N.; OLIVEIRA, J. T. DE.; OLIVEIRA, E.; CARVALHO, L. DE O. **Uso Da Terra No Rio Brumado No Trecho Urbano De Rio De Contas - Ba: Perspectivas De Enquadramento Legal À Luz Do Código Florestal Vigente.** **Revista de Geografia**, Recife, v. 35, n. 3, p. 126-144, dez. 2022. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/view/254112>. Acesso em: 18 set. 2025.

DUARTE, D. J. **Recuperação de área degrada: experiência com implementação do projeto de nucleação.** 2021. 49 f. TCC (Graduação) - Curso de Agronomia, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2021.

Empresa Brasileira Pesquisa Agropecuaria. Comunicado Técnico: **Herbicidas registrados para cultura do eucalipto.** Colombo, PR, 2015.

ENGEL, V.L.; PARROTA, J.A. **Definindo a restauração ecológica: tendências e perspectivas mundiais.** In: KAGEYAMA, P. Y.; OLIVEIRA, R. E.; MORAES, L. F. D.; Botucatu: FEPAF, 2003. p.3-26.

Faria, A. G. V., de Carvalho, P. S., Bergamo, J. A., Ocanha, M., & Pereira, P. S. (2020). Argila como tema contextualizador e crítico: uma proposta para o ensino de Química. **Revista Científica Multidisciplinar Brilliant Mind**, 1(01), 69-84.

FAO (Food and Agriculture Organization). **Workshop on tropical secondary forest management in africa: reality and perspectives.** FAO, Rome. 2003.

FERREIRA, R. **Recuperação de voçorocas de grande porte.** In: Encontro brasileiro sobre ravinas, voçorocas, erosão hídrica do solo e movimentos de massa, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: UFRGS, 2015. 30 p.

FIDALGO, E. C. C. et al. Mapeamento Do Uso E Da Cobertura Atual Da Terra Para Indicação De Áreas Disponíveis Para Reservas Legais: Estudo Em Nove Municípios Da Região Amazônica. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 6, p. 871-877, 2003.

FRANCISCO, A. B. Parcelas experimentais de controle de erosão em ravinas com o uso de barreiras de fibra vegetal. **Boletim Gaúcho de Geografia**, Porto Alegre, v. 43, n. 2, p. 310-322, dez. 2016. Disponível em: <http://seer.ufrgs.br/index.php/bgg/article/view/57303>.

GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R. R.; Metodologias de restauração florestal. In: **Manejo ambiental e restauração de áreas degradadas**. 2. ed. São Paulo: Fundação Cargill, 2007. p. 109-139.

GARBA, Z.; ABDULLAHI, A.; HARUNA, A.; GANA, S.; **Risk assessment and the adsorptive removal of some pesticides from synthetic wastewater: a review**. Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences, v. 10, n. 19 ,2021. Disponível em: 10.1186/s43088-021-00109-8.

Guidetti, B.Y., Amico, G.C., Dardanelli, S., Rodrigues-Cabal, M.A. (2016). Artificial perches promote vegetation restoration. **Plant Ecol** 217, 935–942. <https://doi.org/10.1007/s11258-016-0619-4>.

GOMES, N. A.; LEITE, J. C. A.; FARIAS, C. A. S.; SILVA, A. P. O.; ISMAEL, F. C.M. diagnóstico ambiental qualitativo no “lixão” da cidade de pombal, paraíba. **Revista Verde De Agroecologia E Desenvolvimento Sustentável**, v. 12, n. 1, p. 61-67, 2017. DOI: <https://doi.org/10.18378/rvads.v12i1.4560>.

GOMES JÚNIOR, J. A.; RAIMUNDO-COSTA, W.; SBROIA NETO, R.; FREITAS, M. T. de. Levantamento florístico de área de extração de calcário na cidade de uberaba/mg, brasil. **Scientia Plena**, Sergipe, v. 18, n. 10, p. 1-12, out. 2022. Disponível em: <https://scientiaplena.org.br/sp/article/view/30142>. Acesso em: 4 jun. 2024.

GRANI, R. **A restauração ecológica e as ações nucleadoras nos projetos de recuperação de áreas degradadas – prad**. In: XIX Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações e Perícias (COBREAP), Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 2017.

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Manual de recuperação de áreas degradadas pela mineração: técnicas de revegetação**. Brasília: IBAMA, 1990. 96 p.

JESUS, E. N. DE.; SANTOS, T. S. DOS.; RIBEIRO, G. T.; ORGE, M. D. R.; AMORIM, V. O.; BATISTA, R. C. R. C.; Regeneração natural de espécies vegetais em jazidas revegetadas. **Floresta e Ambiente**, [S.L.], v. 23, n. 2, p. 191-200, 1 abr. 2016. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.115914>.

KAGEYAMA, P.Y. **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. 1. Ed. Fundação de estudos e pesquisas agrícolas florestais, 2003. 340 p.

KAVIAN, A. et al. **Effectiveness of vegetative buffer strips at reducing runoff, soil erosion, and nitrate transport during degraded hillslope restoration in northern iran**. Land degradation & development, v. 29, n. 9, p. 3194–3203, 2018.

LORENZI, H. 1998. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do brasil (2ª. edição)**. Instituto Plantarum de Estudos da Flora Ltda. Nova Odessa, São Paulo, vol. 2, 368 p.

MACHADO, R. L.; RESENDE, A. S. DE.; CAMPELLO, E. F. C.; MENEZES, C. E. G.; SOUZA, C. M. DE.; FRANCO, A. A. **Recuperação de Voçorocas em áreas rurais**. Seropédica: Embrapa, 2006. 66 p.

MAGALHÃES, L. R. P. **Uso de ensaio geotécnicos na concepção de projetos de recuperação de área degradadas: estudo de caso da voçoroca do jardim botânico da ufjf, juiz de fora (mg)**. 2021. 221 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Ambiente Construído, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2021.

MARINHO, F. P.; MAZZOCHINI, G. G.; MANHÃES, A. P.; WEISSER, W. W.; GANADE, G. Effects of past and present land use on vegetation cover and regeneration in a tropical dryland forest. **Journal of Arid Environments**, Londres, v. 132, p. 26-33, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jaridenv.2016.04.006.2016>. Disponível DOI: em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S014019631630074X?via%3DiHub>.

MARTINS, D. J. **Recuperação de áreas degradadas pela mineração**. 2013. Trabalho de Conclusão de curso. Universidade Estadual de Goiás, Niquelândia, 2013.

MARTINS, S. V. **Recuperação de áreas degradadas: ações em áreas de preservação permanente, voçorocas, taludes rodoviários e de mineração**. 4. ed. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2016. 266 p.

MARTINS S.V. (2018). **Restauração florestal**. *Boletim de extensão*, 67, 1-19.

MARTINS, D. A. P. **Restauração de áreas degradadas por exploração mineral no planalto catarinense**. 2017. 91 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2017.

MARTINS, S. V.; BORGES, E. E. L.; SILVA, K. A. **O banco de sementes do solo e sua utilização como bioindicador de restauração ecológica**. In: MARTINS, S. V. *Restauração ecológica de ecossistemas degradados*. 2ª edição. Viçosa-MG: editora UFV, 2015. 376p.

MEA - Millennium Ecosystem Assessment. **Ecosystems and human well-being**. MEA, Island Press. New York, US. 245p, 2005.

MICCOLIS, A.; PENEIREIRO, M. F.; MARQUES, R. H.; VIEIRA, M. L. D. **Restauração ecológica com sistemas agroflorestais: como conciliar conservação com produção. Opções para cerrado e caatinga**. 1 ed. Brasília: Editora ISPN/ICRAF, 2017.

MEIRA, A.S.; LEÃO, J.L.; SANTOS, J.M. **o uso e a ocupação do solo e a formação de voçorocas no município de Caetité – BA**. Universidade Estadual da Bahia, BA, 2004.

MORAIS, A. B. L. **Elaboração de plano de recuperação de área degradada em lagoa da confusão-to**. 2019. 47 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Tocantins, Gurupi, 2019.

NAGIS, F.; DUONG, A.; REHL, E.; BRADSHAW, C.; KAZEMIAN, H. **Highly efficient and low-cost clay-based adsorbent for glyphosate removal from contaminated water**. Chemical Engineering Technology, v. 45, n. 2, p. 340-347, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/ceat.202100437>.

NALON, C.F. et al. **Indicadores de avaliação de monitoramento de áreas ciliares em recuperação**. In: Simpósio de Atualização em Recuperação de Áreas Degradadas, 2., Mogi-Guaçu, 2008. Anais, IB/SMA: Mogi-Guaçu, p.42-53, 2008.

NASCIMENTO, V. O. DO. **Degradação ambiental e sua relação com o desenvolvimento econômico no meio rural do nordeste brasileiro**. 2022. 101 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação e Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente, Centro Universitário Maria Milza, Governador Mangabeira, 2022.

NIEWEGLOWSKI FILHO, M.; PELISSARI, A.; KOEHLER, H. S.; BASSETTI, J.C.; MURARO, M.; KERKHOFF, M.; SPHYRA, A. Controle químico de plantas daninhas utilizando diferentes pontas de pulverização. **Scientia Agraria**, v.15, n.1, p.33-37, 2014.

NUNES, J. O. R.; PERUSI, M. C.; FUSHIMI, M.; MORENO, M. DOS S.; THOMAZINI, L. DA S. Estabilização de erosão hídrica em antropossolos com técnicas de bioengenharia na área de proteção ambiental de uso sustentável do timburi, município de presidente prudente, sp, brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Presidente Prudente, v. 24, n. 0, p. 1-24, set. 2023.

NUNES, A. DA S.; HIGUCHI, P.; SILVA, A. C. DA.; KILCA, R. DE V.; SILVA, M. A. F. DA.; LARSEN, J. G. **Ligustrum lucidum como uma espécie invasora oportunista em uma floresta com araucária no sul do brasil**. Rodriguésia, v. 2, pág. 351-362, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2175-786>.

OLIVEIRA, E. G. DE. **Contribuições para o diagnóstico ambiental da bacia hidrográfica do rio doce, estudo de caso: sub-bacia do rio piranga**. 2016.

Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 47, e0220094, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.36783/18069657rbcS20220094>.

REIS, A. da. S. et al. Impactos ambientais diagnosticados na nascente do córrego san rival- fazenda meu paraíso, palmeirópolis - tocantins. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 11, n. 21, p.3166-3184, jun. 2015. Disponível em: <http://www.conhecer.org.br/enciclop/enciclop.htm>. Acesso em: 02 jul. 2015.

REIS, A.; TRES, D. R. **Nucleação: integração das comunidades naturais com a paisagem. In: manejo ambiental e restauração de áreas degradadas**. 2. ed. São Paulo: Fundação Cargill, 2007. p. 29-55.

REIS, A.; BECHARA, F.C.; TRES, D. R.; TRENTIN, B. E. Nucleação: concepção biocêntrica para a restauração ecológica. **Ciência florestal**, v. 24, n. 2, p. 509-519, 2014.

Reis, F. C., VICTÓRIA, R., Andrade, M. T., & Barroso, A. A. M. (2019). **Use of herbicides in sugarcane in the São Paulo state**. *Planta Daninha*, 37, e019184227.

REZENDE, C. L. DE et al. **Atlantic forest spontaneous regeneration at landscape scale. Biodivers conserv**, v. 24, 2015, 2255 - 2272 p..

RODRIGUES R. et al. **Cartilha de restauração florestal de áreas de preservação permanente alto teles pires, mt**. The Nature Conservancy, USP Esalq – Departamento de Ciências Biológicas – LERF. Julho, 2015.

ROSS, J. **Ecogeografia do brasil: subsídios para o planejamento ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

ROTTA, C. M. DOS S. **Estudo da recuperação de áreas degradadas por processos erosivos: procedimentos e eficiência dos métodos**. 2012. 166 f. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

RUBIRA, F. G.; MELO.; G. DO V. DE.; OLIVEIRA, F. K. S. DE. Proposta de padronização dos conceitos de erosão em ambientes úmidos de encosta. **Revista de Geografia (Recife)**, Recife, v. 33, n. 1, p. 168-193, abr. 2016.

SALES, C. **Licenciamento ambiental da atividade de mineração em unidades de conservação: incidência, suporte jurídico-administrativo e aperfeiçoamentos**. Dissertação de Mestrado. Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia - INPA. Manaus, 2018.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2006. 495p.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos**. 2ª Edição. São Paulo: Oficina de Textos, 2008, 495p.

SANTOS, J. E, 2011. **Estratégias de convivência para a conservação dos recursos naturais e mitigação dos efeitos da desertificação no semiárido**. In: LIMA, R. C C., CAVALCANTE, A. M. B., PEREZ., MARIN, A. M. (Org.), Desertificação e mudanças climáticas no semiárido brasileiro. 1 ed. INSA, Campina Grande. pp. 165-184.

SANTOS, R. F. **Planejamento ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina dos Textos, 2004. 184 p.

SARAIVA, T. DOS S. **Plano de recuperação para uma área degradada nos municípios de barro altoba e ibititába**. 2022. 73 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 2022.

SCCOTI, M. S. V.; MONTEIRO, J. F. **Caracterização do banco de sementes do solo em floresta ombrófila aberta na amazônia ocidental**. Biodiversidade Brasileira, v. 13, n. 1, p. 1-11, 2023. DOI: 10.37002/biobrasil.v13i1.2218

SESTREN-BASTOS, M. C. **Planejamento Estratégico da Remoção de Espécies Exóticas Invasoras no Parque Natural Morro do Osso**. 2008. 56 f. TCC (Graduação) - Curso de Mba Gestão Pública, Faculdade Ibgem, Porto Alegre, 2008.

SKORUPA, L. A.; VIEIRA, D. L. M.; KUHLMANN, M.; SAMPAIO, A. B.; MORAES, L. F. D. DE; ISERNHAGEN, I.; RIBEIRO, J. F. **Roteiro para elaboração de um projeto de recomposição de áreas degradadas ou alteradas. Planaltina, df: embrapa cerrados, 2021.** 58 p. (Documentos / Embrapa Cerrados, ISSN 1517-5111, ISSN online 2176-5081, 373). Disponível em: <https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br>. Acesso em: 02 ago. 2024.

SILVA, A. R. DE A. P. **Diagnóstico ambiental como instrumento para planejamento de práticas ambientais.** 2022. 116 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, 2022.

SILVA, I. DO N. **Geomorfologia e planejamento ambiental: identificação e monitoramento de voçorocas no sítio urbano de iranduba/am.** 2020. 167 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2020.

SILVA, V.E.; NOGUEIRA, T.A.R.; ABREU, C.H.; H, Z.; B. S.; LACLAU, J. P., TEIXEIRA FILHO, M.C.M., GRILLI, E., MURGIA, I., Capra, G.F., 2020. **Influences of edaphoclimatic conditions on deep rooting and soil water availability in brazilian eucalyptus plantations.** For. Ecol. Manage. 455, 117673. <https://10.1016/j.foreco.2019.117673>.

SILVA, A. S. DA. **Uso potencial das terras no município de catalão (go).** 2018. 141 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018.

SILVA, I. A. DA., CAMPAGNA, A. R.; LIPP, N. K. H. 2018. **Recuperação de áreas degradadas por mineração: uma revisão de métodos recomendados para garimpos.** Pesquisas em Geociências, 45: e0691.

SILVA NETO, A. R. DA.; RODRIGUES, R. DE Á.; KOGA, A. P. N. P.; ORLANDO, P. H. K. Plano de recuperação de áreas degradadas: estudo de caso da cabeceira do

córrego mandaguari em Catalão-GO. **Revista Geográfica Acadêmica**, [s. l], v. 16, n. 2, p. 100-120, dez. 2022.

SILVESTRIN, A. R. DE C. **Recomposição inicial de floresta ripária com práticas de cobertura de solo e de adubação, região metropolitana de Curitiba-PR**. 2014. 114 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

SOUSA, A. S. DE. **Diagnóstico da degradação ambiental na zona rural do município de Pombal - PB**. 2012. 65 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 2012.

SOUSA, L. A. DE. **Recuperação de área degradada na microrregião do Seridó ocidental da Paraíba**. 2016. 90 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais, Centro de Tecnologia em Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2016.

SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION INTERNACIONAL. Princípios da ser internacional sobre a restauração ecológica. **Society for Ecological Restoration Internacional**, 2004.

STANGANINI, F. N.; LOLLO, J. A. O crescimento da área urbana da cidade de são carlos/sp entre os anos de 2010 e 2015: o avanço da degradação ambiental. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 10, n. 1, p. 118-128, 2018.

TAVARES, S. R. de L.; MELO, A. da S.; ANDRADE, A. G. de; ROSSI, C. Q.; CAPECHE, C. L.; BALIEIRO, F. de C.; DONAGEMMA, G. K.; CHAER, G. M.; POLIDORO, J. C.; MACEDO, J. R. de; PRADO, R. B.; FERRAZ, R. P. D.; PIMENTA, T. S. **Curso de recuperação de áreas degradadas: a visão da ciência do solo no contexto do diagnóstico, manejo, indicadores de monitoramento e estratégias de recuperação**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2008. 228 p.

TORRES, K. G. B. **Avaliação de impacto ambiental (a.i.a.) da nascente do bom pastor ufrpe-uag.** 2019. 166 f. Monografia (Especialização) - Curso de Agronomia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Garanhuns, 2018.

VALLE JÚNIOR, R. F. DO. **Diagnóstico de áreas de risco de erosão e conflito de uso dos solos na bacia do rio uberaba.** 2008. Tese de doutorado – UNESP, Jaboticabal, 2008.

VAN DER BERG, E.; GUIMARÃES, J.C.C.; SILVA, A.C.; NUNES, M.H. **Avaliação da recuperação da vegetação em área minerada para exploração de bauxita, no planalto de poços de caldas, mg, e métodos atuais para recuperação ecológica.** In: Simpósio Nacional Sobre Recuperação De Áreas Degradadas, 7, 2008, Curitiba. Anais... Curitiba: FUPEF, 2008. p.67-84.

VANMAERCKE, M.; POESEN, J.; MELE, B. V.; DEMUZERE, M.; BRUYNSEELS, A.; GOLOSOV, V.; BEZERRA, J. F. R.; BOLYSOV, S.; DVINSKIH, A.; FRANKL, A.; FUSEINA, Y.; GUERRA, A. J. T.; HAREGEWEYN, N.; IONITA, I.; IMWANGANA, F. M.; MOEYERSONS, J.; MOSHE, I.; SAMAN, A. N.; NIACSU, L.; NYSSSEN, J.; OTSUKI, Y.; RADOANE, M.; RYSIN, I.; RYZHOV, Y. V.; YERMOLAEV, O. How fast do gully headcuts retreat? **Earth-Science Reviews**, [s.l.], v. 154, p. 336-355, 2016.

VARGAS, J. P. R. de.; SANTOS, D. R. dos.; BASTOS, M. C.; SCHAEFER, G.; PARISI, P. B. Application forms and types of soil acidity corrective: changes in depth chemical attributes in long term period experiment. **Soil and Tillage Research**, v. 185, p. 47–60, 2019.

VEROCAI, I. **Vocabulário básico de meio ambiente.** Secretaria de Estado de Meio Ambiente, Rio de Janeiro, 1997.

VIEIRA, E. G. A. **Panorama da gestão ambiental no município de lavras, em minas gerais.** 2021. 85 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Tecnologias e Inovações Ambientais, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2021.