

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE GOIÁS – UNIGOIÁS
SUPERVISÃO DA ÁREA DE PESQUISA CIENTÍFICA – SAPC
CURSO DE AGRONOMIA

**DEGRADAÇÃO AMBIENTAL CAUSADA PELA MINERAÇÃO EM CAVA DE
EXTRAÇÃO DE AREIA E PROPOSTA DE RECUPERAÇÃO POR MEIO DE PRAD**

DISCENTE: DHIOGO CÁSSIO MARTINS BUENO
ORIENTADORA/PROFESSORA: LEANDRA REGINA SEMENSATO

GOIÂNIA – GOIÁS
JUNHO/2026

DHIOGO CÁSSIO MARTINS BUENO

**DEGRADAÇÃO AMBIENTAL CAUSADA PELA MINERAÇÃO EM CAVA DE
EXTRAÇÃO DE AREIA E PROPOSTA DE RECUPERAÇÃO POR MEIO DE PRAD**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Agrônômica do Centro universitário de Goiás - UNIGOIÁS, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro: habilitação em Engenharia Agrônômica.

Orientadora: Leandra Regina Semensato.

GOIÂNIA – GOIÁS
JUNHO/2026

DEGRADAÇÃO AMBIENTAL CAUSADA PELA MINERAÇÃO EM CAVA DE EXTRAÇÃO DE AREIA E PROPOSTA DE RECUPERAÇÃO POR MEIO DE PRAD

Dhiogo Cássio Martins Bueno¹
Leandra Regina Semensato²

RESUMO

O presente estudo aborda a degradação ambiental associada à mineração em cava destinada à extração de areia no município de Professor Jamil, Goiás. A atividade minerária, embora essencial para o desenvolvimento econômico, pode provocar alterações significativas no meio ambiente, especialmente quando envolve a remoção da cobertura vegetal, modificação do relevo e exposição do solo. O objetivo do trabalho foi analisar os impactos ambientais decorrentes da atividade e avaliar as condições de recuperação de áreas previamente exploradas. A metodologia adotada consistiu em levantamento de campo realizado em outubro de 2025, com registro fotográfico georreferenciado, análise visual das condições ambientais e interpretação de imagens aéreas obtidas por drone, além de revisão bibliográfica sobre impactos ambientais e recuperação de áreas degradadas. Os resultados evidenciaram que a área em lavra ativa apresenta alterações significativas na paisagem e maior suscetibilidade a processos erosivos. Em contrapartida, a área anteriormente explorada e submetida à recuperação apresentou sinais de regeneração ambiental, com presença de gramíneas, mudas plantadas e vegetação em desenvolvimento. Conclui-se que, embora a mineração em cava cause impactos relevantes, a adoção de práticas adequadas de manejo e recuperação ambiental contribui para a reabilitação progressiva das áreas degradadas.

Palavras-chave: Extração mineral. Recuperação ecológica. Áreas impactadas. Sustentabilidade ambiental. Uso do solo.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	4
2 REFERENCIAL TEÓRICO	5
2.1 Impactos ambientais decorrentes da mineração.....	6
2.2 Legislação ambiental aplicável as áreas degradadas por mineração.....	6
2.3 Plano de recuperação de áreas degradadas (PRAD).....	7
2.4 Práticas e estratégias de mitigação dos impactos ambientais.....	8
3 MATERIAL E MÉTODOS	9
3.1 Caracterização e localização.....	8
3.2 Meio abiótico	9
3.2.1 Hidrografia	9
3.2.2 Clima.....	10
3.2.3 Pedologia.....	11
3.2.4 Geomorfologia	12
3.2.5 Geologia	13
3.3 Meio Biótico	14
3.3.1 Flora	14
3.3.2 Fauna.....	15
3.4 Histórico da degradação	16
3.5 Metodologia do estudo.....	17
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
4.1 Avaliação da recuperação ambiental anterior.....	18
4.2 Proposta de intervenção e metodologias a serem utilizadas	19
4.3 Etapas da recomposição topográfica.....	21
4.3.1 Decapeamento das futuras frentes de lavra	21
4.3.2 Transporte do material	22
4.3.3 Disposição controlada do material nas cavas.....	22
4.3.4 Espalhamento e conformação do relevo	22
4.3.5 Reconformação de taludes e estabilidade geotécnica	22
4.3.6 Regularização final e preparo da superfície.....	22
4.3.7 Integração com o processo de recuperação ambiental	23
4.4 Cercamento da área.....	23
4.5 Práticas mecânicas de conservação do solo	23
4.6 Procedimentos para plantio.....	24
4.6.1 Correção do pH	24
4.6.2 Combate a formigas cortadeiras e cupins	25
4.6.3 Distribuição das Espécies e Espaçamentos.....	25
4.6.4 Qualidade e especificações das mudas.....	27
4.6.5 Coveamento	28

4.6.6 Adubação	28
4.6.7 Plantio florestal	29
4.6.8 Tutoramento	30
4.6.9 Período de Plantio.....	31
4.6.10 Etapas do plantio	32
4.7 Cálculo de quantidade de mudas.....	33
4.8 Espécies e quantidades utilizadas no plantio	33
4.9 Cuidados necessários com a área revegetada	34
4.9.1 Adubação de cobertura	34
4.9.2 Irrigação	35
4.9.3 Reforma do coroamento.....	35
4.9.4 Replantio	36
4.9.5 Combate a plantas invasoras (plantas daninhas)	36
4.9.6 Monitoramento e controle de formigas e cupins.....	37
4.9.7 Cobertura morta	37
4.10 Monitoramento.....	38
4.11 Cronograma físico-financeiro.....	39
5 CONCLUSÃO	40
REFERÊNCIAS.....	41

1 INTRODUÇÃO

A mineração é uma atividade fundamental para a economia, fornecendo insumos que sustentam setores essenciais, como a construção civil, a indústria e a agricultura. Além de movimentar cadeias produtivas importantes, ela contribui para o desenvolvimento regional e para a geração de empregos diretos e indiretos. Contudo, os efeitos da atividade minerária sobre o meio ambiente têm sido alvo de constantes debates, especialmente porque, quando conduzida sem o devido planejamento ou sem acompanhamento técnico adequado, a exploração pode gerar alterações profundas e, muitas vezes, de difícil reversão. Entre as diversas formas de extração, a mineração em cava voltada à retirada de areia se destaca pela intensidade de seus impactos, provocando desde a supressão da vegetação até mudanças no relevo, instabilidade de taludes, processos erosivos e assoreamento de cursos d'água (CUNHA; GUERRA, 2012).

Esses efeitos ganham maior relevância quando ocorrem em municípios de pequeno porte, onde a atividade mineral, mesmo sendo de menor escala, exerce pressão direta sobre o ambiente local. No município de Professor Jamil (GO), a extração de areia desempenha papel significativo na economia, atendendo demandas regionais e contribuindo para o desenvolvimento do setor da construção civil. No entanto, esse crescimento vem acompanhado da geração de passivos ambientais que exigem medidas de recuperação adequadas e ações voltadas à prevenção de novos impactos. Alterações na paisagem, exposição do solo, degradação de áreas próximas a corpos hídricos e redução da cobertura vegetal são alguns dos desafios observados no local.

Diante desse cenário, torna-se necessário não apenas identificar os impactos associados à atividade, mas também compreender como eles se manifestam ao longo do tempo e de que forma podem ser mitigados. A literatura destaca que a degradação ambiental é um processo multifatorial, influenciado tanto pelas características naturais da área quanto pelo manejo adotado na lavra. Assim, analisar a mineração em cava de forma contextualizada é essencial para avaliar a gravidade dos danos e propor soluções compatíveis com a realidade local (SÁNCHEZ, 2013).

O presente trabalho teve como objetivo analisar os impactos ambientais decorrentes da mineração em cava de extração de areia e propor medidas de recuperação por meio da elaboração de um Plano de Recuperação de Área Degradada (PRAD).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Impactos ambientais decorrentes da mineração

A mineração é uma atividade responsável pela extração de recursos minerais essenciais para o desenvolvimento econômico e tecnológico da sociedade. Entretanto, essa atividade também está associada a diversas alterações ambientais, principalmente quando ocorre a remoção da cobertura vegetal e a movimentação de grandes volumes de solo e rocha. Essas intervenções modificam as condições naturais do ambiente, podendo afetar diretamente o solo, a vegetação, os recursos hídricos e a paisagem (CUNHA; GUERRA, 2012).

De maneira geral, a degradação ambiental pode ser compreendida como qualquer alteração nas condições naturais de um ambiente que resulte na perda de suas características originais ou na redução de suas funções ecológicas. No contexto da mineração, esse processo costuma ocorrer devido à retirada da vegetação, à exposição do solo e à alteração da topografia do terreno, fatores que aumentam a vulnerabilidade da área a processos erosivos e ao transporte de sedimentos (GUERRA; MARÇAL, 2006).

Entre os impactos ambientais mais comuns associados à mineração destacam-se a supressão da vegetação nativa, a alteração da paisagem, a compactação do solo e o aumento do escoamento superficial. A retirada da cobertura vegetal reduz a proteção natural do solo contra a ação das chuvas, favorecendo a erosão e o carreamento de partículas para os cursos d'água. Esse processo pode resultar no assoreamento de rios e córregos, além de comprometer a qualidade da água (CUNHA; GUERRA, 2012).

No caso específico da mineração de areia em cava, os impactos ambientais geralmente estão relacionados à retirada da camada superficial do solo, conhecida como decapeamento, e à escavação do material mineral. Essas atividades modificam significativamente a morfologia do terreno, podendo alterar a dinâmica natural da drenagem e provocar mudanças na paisagem local.

Apesar dos impactos associados à mineração, é importante destacar que a degradação ambiental não deve ser interpretada apenas como um processo irreversível. Em determinadas situações, áreas degradadas podem ser submetidas a processos de recuperação ambiental capazes de restabelecer parte das funções ecológicas do ambiente. A adoção de técnicas adequadas de manejo e restauração pode favorecer a estabilização do solo, a recomposição da vegetação e a recuperação da paisagem (SÁNCHEZ, 2013).

Dessa forma, a compreensão dos impactos ambientais associados à mineração torna-se fundamental para o planejamento de medidas de mitigação e recuperação ambiental,

permitindo que a exploração mineral ocorra de forma mais equilibrada e compatível com a conservação dos recursos naturais.

2.2 Legislação ambiental aplicável às áreas degradadas por mineração

A exploração de recursos minerais no Brasil está sujeita a um conjunto de normas e instrumentos legais que buscam garantir o uso racional dos recursos naturais e a proteção do meio ambiente. Nesse contexto, o licenciamento ambiental constitui um dos principais mecanismos de controle das atividades potencialmente poluidoras, incluindo a mineração.

O licenciamento ambiental é um procedimento administrativo por meio do qual os órgãos ambientais avaliam os impactos decorrentes de determinado empreendimento e estabelecem condições para sua implantação e operação. Esse processo tem como objetivo assegurar que a atividade seja desenvolvida de forma ambientalmente adequada, prevenindo ou minimizando danos ao meio ambiente (SÁNCHEZ, 2013).

No caso das atividades minerárias, a legislação brasileira estabelece a obrigatoriedade da apresentação de um Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) como parte do processo de licenciamento ambiental. A Resolução CONAMA nº 009/1990 determina que atividades de mineração devem apresentar esse plano com o objetivo de garantir a recuperação das áreas impactadas após a exploração mineral.

Outro instrumento importante é a Lei Federal nº 12.651/2012, conhecida como Código Florestal, que estabelece normas para a proteção da vegetação nativa e define as áreas de preservação permanente (APP). Essas áreas incluem faixas de vegetação localizadas ao longo de cursos d'água, nascentes e outras áreas ambientalmente sensíveis. A manutenção dessas áreas é essencial para a proteção dos recursos hídricos, a estabilidade do solo e a conservação da biodiversidade.

Além disso, a legislação ambiental prevê que os empreendimentos minerários devem adotar medidas de controle ambiental capazes de minimizar os impactos da atividade. Entre essas medidas destacam-se o manejo adequado dos resíduos, o controle de sedimentos e a recuperação das áreas degradadas após o encerramento das atividades de mineração.

Assim, o conjunto de normas ambientais vigente no país busca conciliar a exploração dos recursos minerais com a conservação ambiental, exigindo que os empreendimentos adotem práticas de gestão ambiental e recuperação das áreas impactadas.

2.3 Plano de recuperação de áreas degradadas (PRAD)

A recuperação de áreas degradadas constitui uma etapa fundamental no ciclo de vida das atividades minerárias. Após a exploração mineral, as áreas impactadas necessitam ser submetidas a processos de reabilitação ambiental que permitam minimizar os efeitos negativos da mineração e favorecer a recomposição das funções ecológicas do ambiente.

Nesse contexto, o Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) configura-se como um instrumento técnico essencial para orientar as ações necessárias à reabilitação das áreas exploradas. Esse plano estabelece diretrizes e medidas voltadas à recomposição do solo, estabilização do terreno e restabelecimento da cobertura vegetal, garantindo a condução adequada do processo de recuperação ambiental (SÁNCHEZ, 2013).

Entre as técnicas mais utilizadas na recuperação de áreas mineradas, destaca-se a reconformação topográfica do terreno, que consiste na reorganização do relevo da área explorada, com o objetivo de restabelecer condições adequadas de drenagem e estabilidade do solo. Essa etapa é fundamental para reduzir processos erosivos e preparar a área para as intervenções de revegetação.

Outro procedimento relevante é a utilização do material proveniente do decapeamento do solo. Esse material apresenta matéria orgânica, sementes e microrganismos, elementos essenciais para a recuperação da fertilidade do solo e para o estímulo à regeneração vegetal. Quando devidamente armazenado e reaplicado, contribui significativamente para o restabelecimento das condições ecológicas da área.

A revegetação constitui etapa indispensável no processo de recuperação ambiental, sendo o plantio de espécies nativas fundamental para a estabilização do solo, melhoria das condições microclimáticas e recuperação gradual da biodiversidade local.

Com o decorrer do tempo, a regeneração natural da vegetação tende a complementar as ações de revegetação, contribuindo para a formação de novas comunidades vegetais e para a consolidação do processo de sucessão ecológica. Dessa forma, embora a mineração provoque alterações significativas no ambiente, a adoção de práticas adequadas de recuperação, orientadas pelo PRAD, possibilita a reabilitação progressiva das áreas degradadas.

2.4 Práticas e estratégias de mitigação dos impactos ambientais

A mitigação de impactos ambientais consiste na adoção de medidas destinadas a reduzir ou controlar os efeitos negativos de determinadas atividades sobre o meio ambiente. No caso da mineração, essas medidas são fundamentais para minimizar os impactos associados à exploração mineral e garantir que a atividade seja desenvolvida de forma ambientalmente responsável.

Entre as principais estratégias de mitigação utilizadas na mineração destacam-se o controle da erosão, a proteção das áreas de preservação permanente, a implantação de sistemas de drenagem e o manejo adequado dos rejeitos gerados durante o processo de beneficiamento mineral.

A implantação de bacias de decantação, por exemplo, constitui uma prática importante no controle da dispersão de sedimentos gerados durante a lavagem da areia. Essas estruturas permitem a retenção das partículas em suspensão antes que a água seja devolvida ao ambiente, reduzindo o risco de assoreamento dos cursos d'água.

Outra estratégia importante consiste na manutenção da vegetação nativa em áreas próximas aos corpos hídricos. A presença de mata ciliar e mata de galeria desempenha papel fundamental na proteção das margens dos rios e córregos, contribuindo para a retenção de sedimentos e a manutenção da qualidade da água.

A revegetação das áreas impactadas também constitui uma medida importante de mitigação ambiental. O plantio de espécies nativas e o estímulo à regeneração natural da vegetação contribuem para a estabilização do solo, a redução da erosão e a recuperação gradual da paisagem.

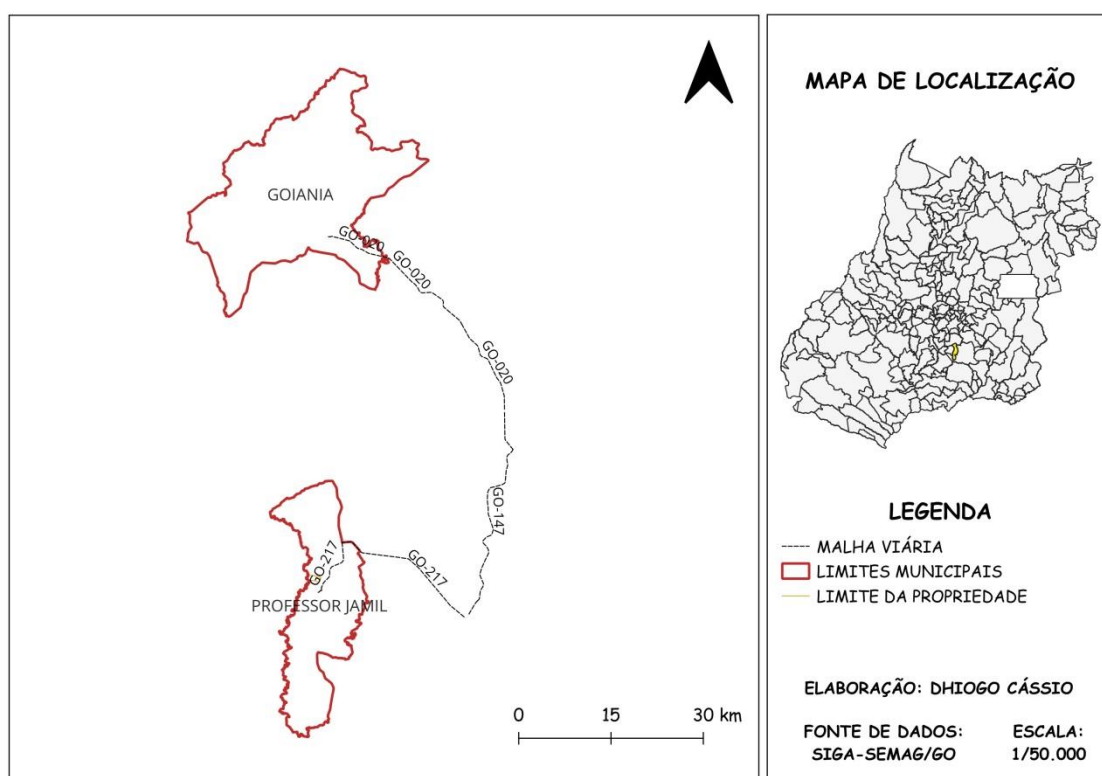
Dessa forma, a adoção de estratégias de mitigação e recuperação ambiental representa um elemento essencial para garantir que a mineração seja realizada de maneira mais equilibrada, reduzindo seus impactos negativos e favorecendo a recomposição das áreas exploradas ao longo do tempo.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização e localização

O presente estudo foi desenvolvido no município de Professor Jamil, localizado na região sul do estado de Goiás. A área de estudo situa-se na Fazenda Dourado, aproximadamente a 2 km da zona urbana do município, com acesso por estrada vicinal não pavimentada. (FIG.1).

Figura 1: Mapa de localização.



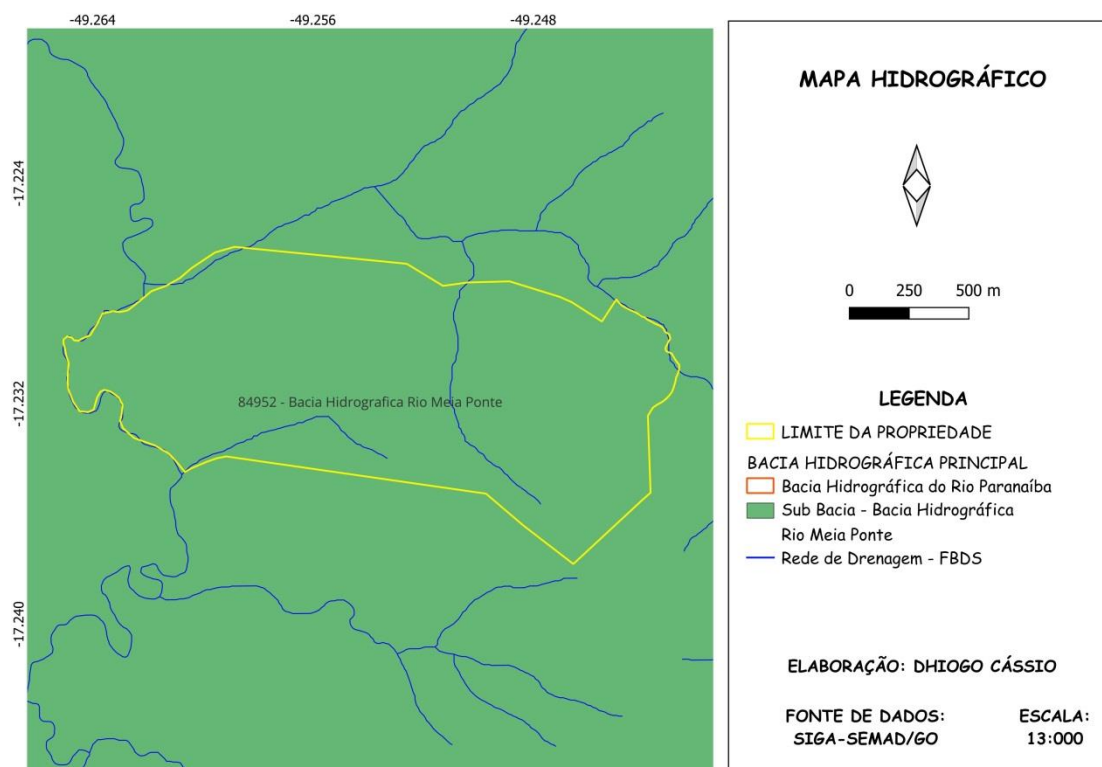
Fonte: Elaborado pelo autor, com base no SIGA/SEMAD-GO.

3.2 Meio abiótico

3.2.1 Hidrografia

Do ponto de vista hidrográfico, a área está inserida na bacia hidrográfica do Rio Paranaíba, com destaque para a sub-bacia do Rio Meia Ponte. Na área de estudo foram identificados três cursos d'água intermitentes, além de três nascentes, que contribuem para a drenagem local e desaguam no Rio Dourados, o qual delimita parte da propriedade. (FIG.2).

Figura 2: Mapa hidrográfico.

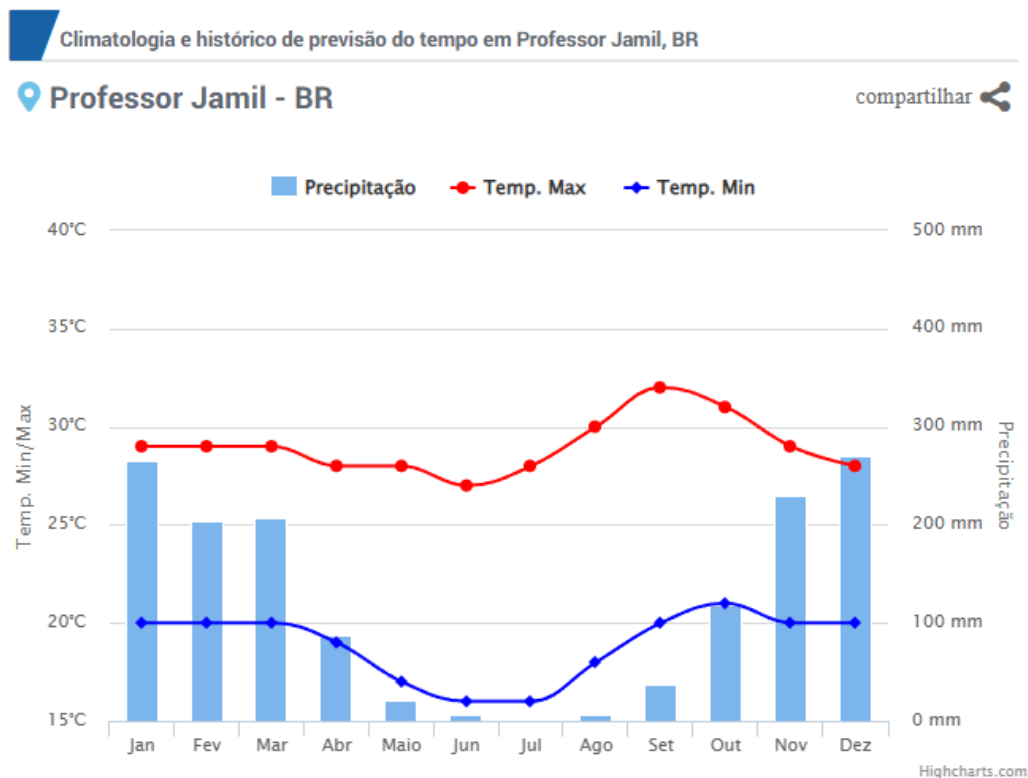


Fonte: Elaborado pelo autor, com base no SIGA/SEMAD-GO.

3.2.2 Clima

O clima da região é classificado como tropical sazonal (Aw), segundo Köppen, caracterizado por duas estações bem definidas: período chuvoso no verão e seco no inverno. A precipitação média anual varia entre 1.400 e 1.600 mm, fator determinante para a dinâmica dos processos erosivos na área. (FIG.3).

Figura 3: Gráfico e histórico de precipitação do tempo.

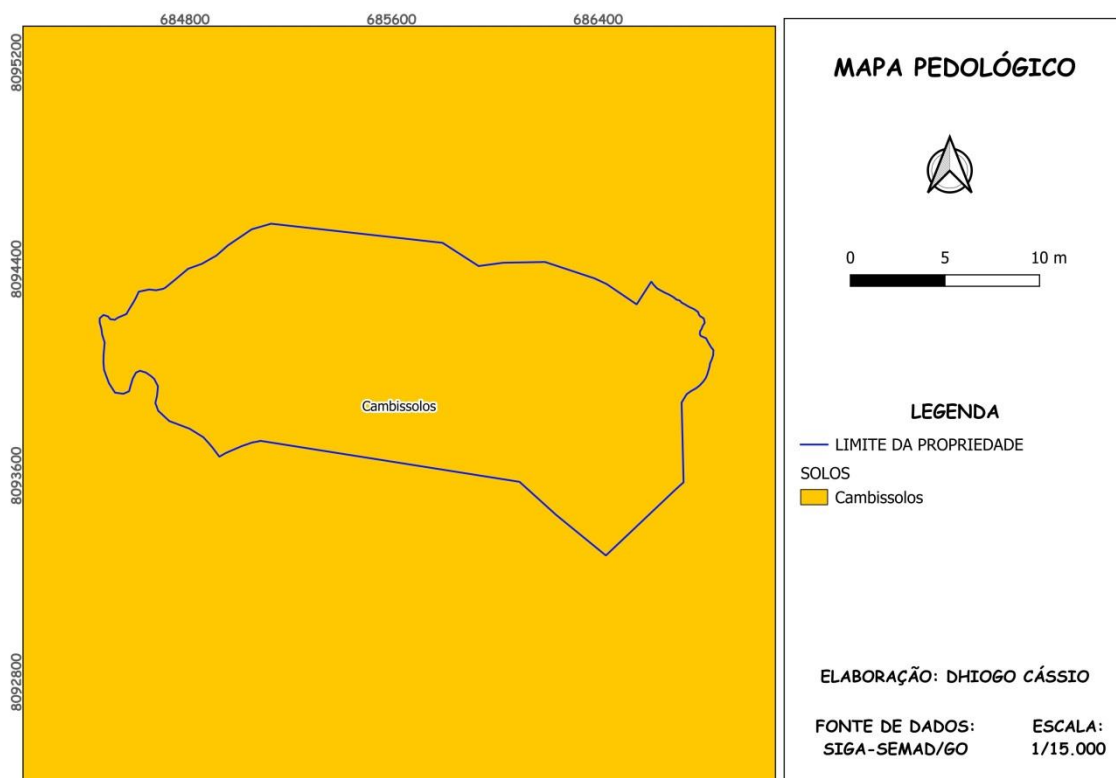


Fonte: Climatempo.

3.2.3 Pedologia

A área de estudo encontra-se inserida em unidade pedológica classificada como Cambissolo, são solos que apresentam grande variação no tocante à profundidade, ocorrendo desde rasos a profundos, além de apresentarem grande variabilidade também em relação às demais características. A drenagem varia de acentuada a imperfeita e podem apresentar qualquer tipo de horizonte A sobre um horizonte B incipiente (Bi), também de cores diversas. Muitas vezes são pedregosos, cascalhentos e mesmo rochosos. Ocorrem disseminados em todas as regiões do Brasil, preferencialmente em regiões serranas ou montanhosas. Em condição de relevo suave (mecanizável) e sem presença de cascalhos ou pedregosidade, ocorrem com grande expressão na porção sudeste do Estado de Mato Grosso (Depressão de Paranatinga) (IBGE, 2015). (FIG.4).

Figura 4: Mapa pedológico.



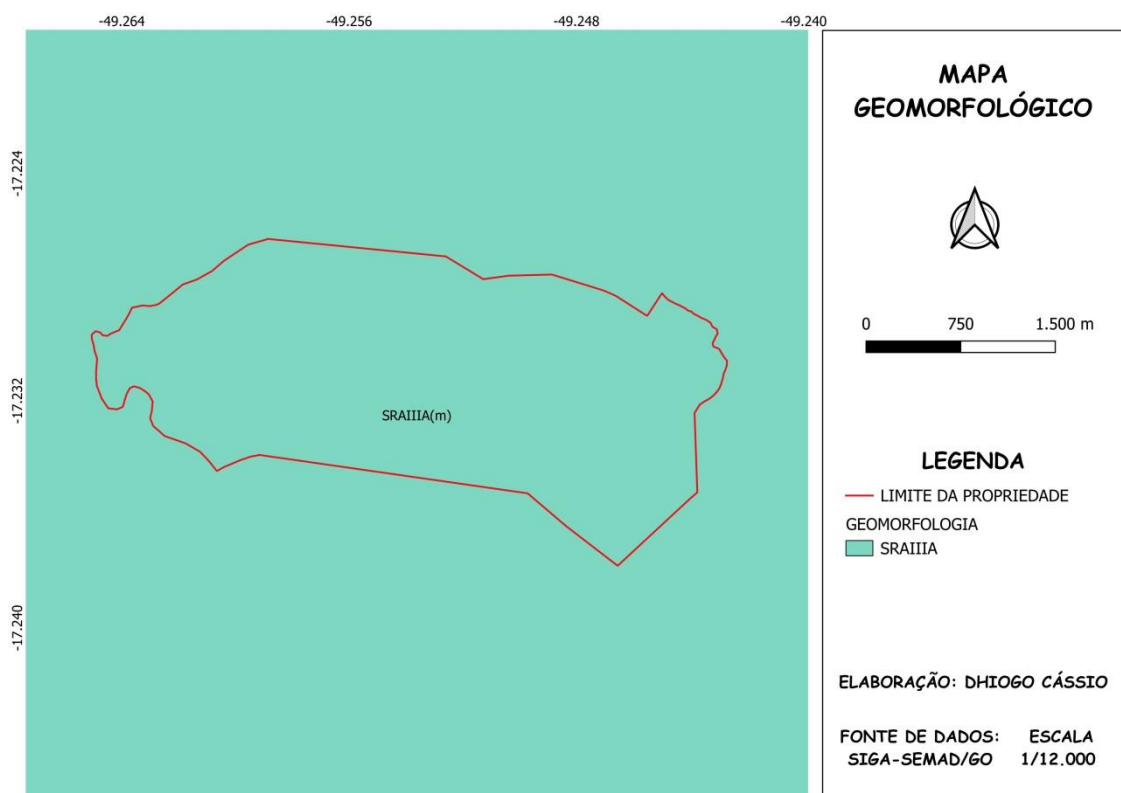
Fonte: Elaborado pelo autor, com base no SIGA/SEMAD-GO.

3.2.4 Geomorfologia

A área de estudo está inserida na unidade geomorfológica SRAIIA (m), conforme base cartográfica da SEMAD Goiás (SEMAD, s.d.). Essa unidade corresponde a superfície regional de aplainamento, situada em cotas altimétricas entre 900 e 1100 metros, com dissecação média, desenvolvida sobre rochas pré-cambrianas. Tais características indicam relevo suavemente ondulado a ondulado, com presença de formas de relevo resultantes da atuação de processos de intemperismo e erosão ao longo do tempo geológico.

De acordo com os princípios da geomorfologia estabelecidos pelo IBGE (IBGE, 2009; 2015), superfícies aplainadas com dissecação intermediária correspondem a áreas onde há equilíbrio relativo entre os processos de modelagem do relevo, com predominância de formas suavizadas e vales pouco encaixados, refletindo estágio intermediário de evolução geomorfológica. Nessas condições, a dinâmica superficial é controlada principalmente por processos erosivos moderados, podendo ocorrer intensificação em função de intervenções antrópicas ou variações nas condições ambientais. (FIG.5).

Figura 5: Mapa Geomorfológico.



Fonte: Elaborado pelo autor, com base no SIGA/SEMAD-GO.

3.2.5 Geologia

Depósitos Aluvionares:

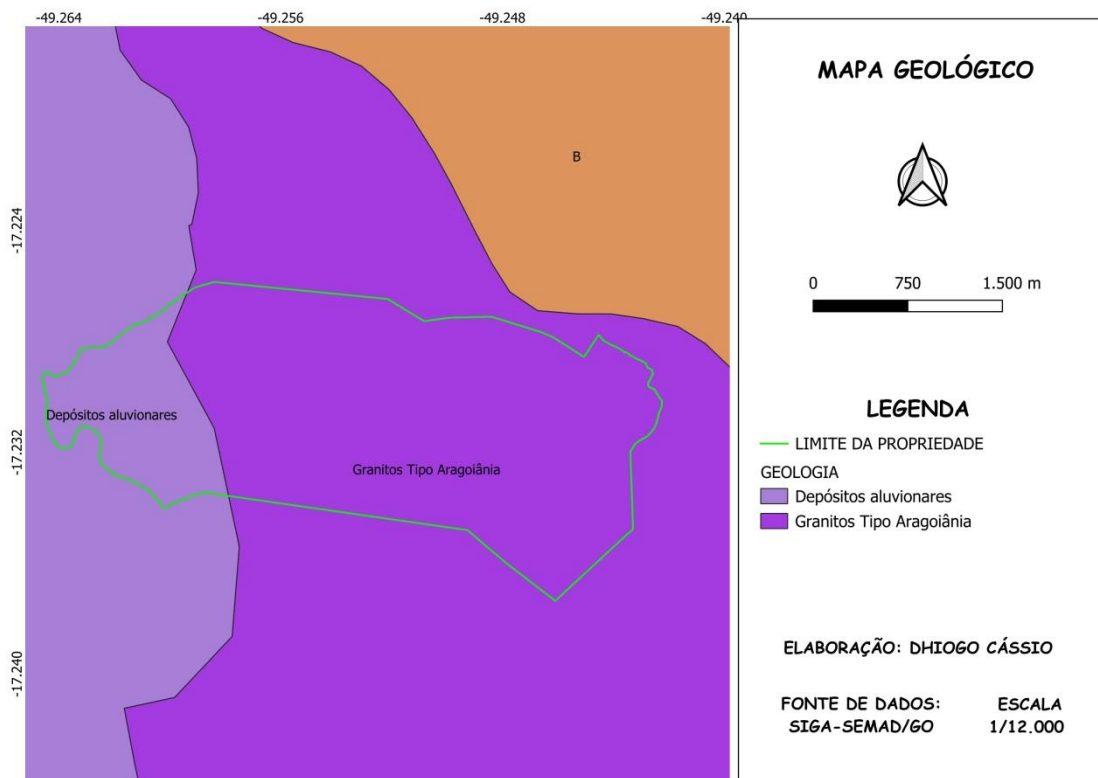
Os depósitos aluvionares constituem sedimentos inconsolidados, predominantemente arenosos, representados por areias, com níveis de cascalhos e lentes de material silto-argiloso e turfa. Esses depósitos distribuem-se principalmente nas planícies de inundação e ao longo das drenagens de maior porte, associadas a ambientes de baixo gradiente e feições anastomosadas, como observado na Bacia Hidrográfica do Rio Araguaia. Associadas às frações mais grosseiras, podem ocorrer concentrações de minerais pesados, tais como rutilo, ouro, zircão e diamante, que eventualmente configuram depósitos de interesse econômico. (CPRM, 2006).

Granitos Tipo Aragoiânia

Compreendem um conjunto de corpos graníticos a duas micas, peraluminosos do tipo S, sintectônicos, de coloração cinza claro, granulação fina a média, às vezes com textura milonítica a ultramilonítica, constituídos principalmente de plagioclásio (oligoclásio), feldspato potássico, quartzo, biotita e granada, e caracterizados como biotita-muscovita metagranitos a

metagranodioritos. Esses granitos encontram-se encaixados preferencialmente nas rochas do Grupo Araxá, concordantes com a foliação S2 desses metassedimentos (Lacerda Filho, 1989). Estudos geocronológicos realizados por Tassinari et al. (1988), através do método Rb-Sr, forneceram uma idade de 900 Ma para essas rochas (CPRM, 2006). (FIG.6).

Figura 6: Mapa geológico.



Fonte: Elaborado pelo autor, com base no SIGA/SEMAD-GO.

3.3 Meio biótico

3.3.1 Flora

A vegetação original da área de estudo está inserida no bioma Cerrado, caracterizado por elevada diversidade florística e pela presença de diferentes fitofisionomias distribuídas conforme as condições edáficas, topográficas e hidrológicas. Durante o levantamento de campo, foram identificadas distintas formações vegetacionais, evidenciando a heterogeneidade ambiental da área, dentre as quais se destacam:

- Mata de galeria associada aos cursos d'água, caracterizada por vegetação arbórea densa, perenifólia e acompanhando pequenos cursos hídricos, geralmente formando corredores ecológicos;
- Mata ciliar nas margens do Rio Dourados, composta por vegetação adaptada às condições de maior umidade, desempenhando importante função na proteção dos recursos hídricos e na estabilidade das margens;
- Formações savânicas, representadas por cerrado ralo e campo sujo, com predomínio de estrato herbáceo-arbustivo, árvores esparsas e espécies adaptadas a condições de solos mais pobres e regime climático sazonal;
- Áreas antropizadas com presença de gramíneas, resultantes de intervenções antrópicas, como atividades agropecuárias, apresentando redução da vegetação nativa original.

Essas fitofisionomias são típicas do bioma Cerrado e refletem a variação estrutural e funcional da vegetação, conforme descrito por Ribeiro e Walter (1998), que classificam o Cerrado em formações florestais, savânicas e campestres, de acordo com características fisionômicas e ecológicas.

3.3.2 Fauna

A fauna da área de estudo está inserida no bioma Cerrado, reconhecido como a savana mais biodiversa do mundo, apresentando elevada riqueza de espécies e significativa representatividade da fauna brasileira. Esse bioma abriga grande diversidade de vertebrados, incluindo mamíferos, aves, répteis, anfíbios e peixes, além de uma vasta quantidade de invertebrados, desempenhando papel fundamental no equilíbrio ecológico dos ecossistemas (KLINK; MACHADO, 2005).

De modo geral, a fauna do Cerrado é composta por espécies adaptadas às condições ambientais típicas do bioma, como sazonalidade climática, ocorrência de queimadas naturais e diversidade de fitofisionomias. Entre os mamíferos, destacam-se espécies como o lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*), tamanduá-bandeira (*Myrmecophaga tridactyla*), anta (*Tapirus terrestris*) e veado-campeiro (*Ozotoceros bezoarticus*). No grupo das aves, são comuns espécies como tucanos, seriemas e diversas aves associadas às matas de galeria. Já entre répteis e anfíbios, ocorrem lagartos, serpentes e anuros adaptados a ambientes savânicos e áreas úmidas.

A distribuição da fauna na área está diretamente relacionada às diferentes fitofisionomias identificadas, como matas de galeria, formações savânicas e áreas abertas, que fornecem abrigo, alimento e condições adequadas para a manutenção das espécies. Ambientes

florestais, como as matas ciliares e de galeria, tendem a apresentar maior diversidade faunística devido à disponibilidade de água e maior complexidade estrutural.

Entretanto, a fauna do Cerrado encontra-se sob pressão devido às atividades antrópicas, como expansão agropecuária, supressão vegetal e fragmentação de habitats, o que pode resultar na redução da biodiversidade e no aumento do número de espécies ameaçadas de extinção (KLINK; MACHADO, 2005).

3.4 Histórico da degradação

A área de estudo apresenta histórico de degradação ambiental associado à atividade minerária de extração de areia em cava a céu aberto. As intervenções iniciaram-se com o processo de decapeamento, caracterizado pela remoção da camada superficial do solo, incluindo o horizonte orgânico, resultando na exposição direta do material inconsolidado e na alteração das características naturais do terreno.

A extração do material arenoso, realizada por meio de equipamentos mecânicos, promoveu modificações significativas na morfologia local, com a formação de cavas e rebaixamento do terreno, além da supressão da vegetação nativa anteriormente existente. Essas alterações contribuíram para a intensificação de processos erosivos e para a desestruturação do solo nas áreas diretamente afetadas.

Na etapa de beneficiamento, o uso de água para lavagem e classificação granulométrica do material gerou a necessidade de implantação de bacias de decantação, destinadas à retenção de sedimentos em suspensão. Embora esse sistema contribua para a mitigação de impactos, a atividade pode ocasionar, quando não adequadamente controlada, o carreamento de partículas finas e o aumento da turbidez em corpos hídricos adjacentes.

De forma geral, as atividades desenvolvidas resultaram em alterações na paisagem, incluindo modificação do relevo, exposição do solo, perda de cobertura vegetal e potencial alteração da dinâmica hídrica local, caracterizando o cenário de degradação ambiental da área.

3.5 Metodologia do estudo

A metodologia adotada neste estudo baseou-se na integração de atividades de campo, análise de dados secundários e interpretação de imagens, visando à caracterização das

condições ambientais da área. Inicialmente, foi realizado levantamento de campo no dia 10 de outubro de 2025, com o objetivo de observar in loco as características físicas, bióticas e antrópicas da área de estudo.

Durante a vistoria, foram efetuados registros fotográficos georreferenciados, possibilitando a documentação das condições ambientais e a posterior análise comparativa. Também foi realizada análise visual sistemática, com foco na identificação de alterações no relevo, cobertura do solo, processos erosivos, presença de corpos hídricos e estágios de regeneração da vegetação.

Complementarmente, procedeu-se à interpretação de imagens aéreas obtidas por meio de drone, permitindo uma avaliação mais detalhada da área, especialmente quanto à configuração espacial das cavas, áreas em atividade e áreas em processo de recuperação ambiental.

Foram ainda consultados documentos técnicos relacionados ao empreendimento, incluindo relatórios ambientais e informações operacionais, com o intuito de subsidiar a análise e contextualizar as intervenções realizadas na área.

A análise dos dados foi conduzida de forma qualitativa, a partir da comparação entre diferentes estágios de uso e ocupação do solo, abrangendo áreas em lavra ativa e áreas submetidas a processos de recuperação ambiental, permitindo avaliar a evolução das condições ambientais e a eficácia das medidas de recuperação adotadas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Avaliação da recuperação ambiental anterior

Com o objetivo de subsidiar a definição das metodologias de recuperação ambiental a serem aplicadas na área de estudo, foi realizada a avaliação de áreas previamente submetidas a processos de recuperação no próprio empreendimento. Essa análise teve como base observações em campo, registros fotográficos georreferenciados e interpretação de imagens aéreas, permitindo a comparação entre áreas já recuperadas e áreas ainda em processo de exploração.

Adicionalmente, foi elaborado um mapa comparativo contendo três momentos distintos da área de estudo: no ano de 2010, representando as condições anteriores ao início da lavra; no ano de 2012, correspondente ao início das atividades minerárias; e no ano de 2024, evidenciando a finalização da lavra e a recuperação da área, possibilitando a análise temporal da evolução da paisagem e dos resultados obtidos com as intervenções realizadas.

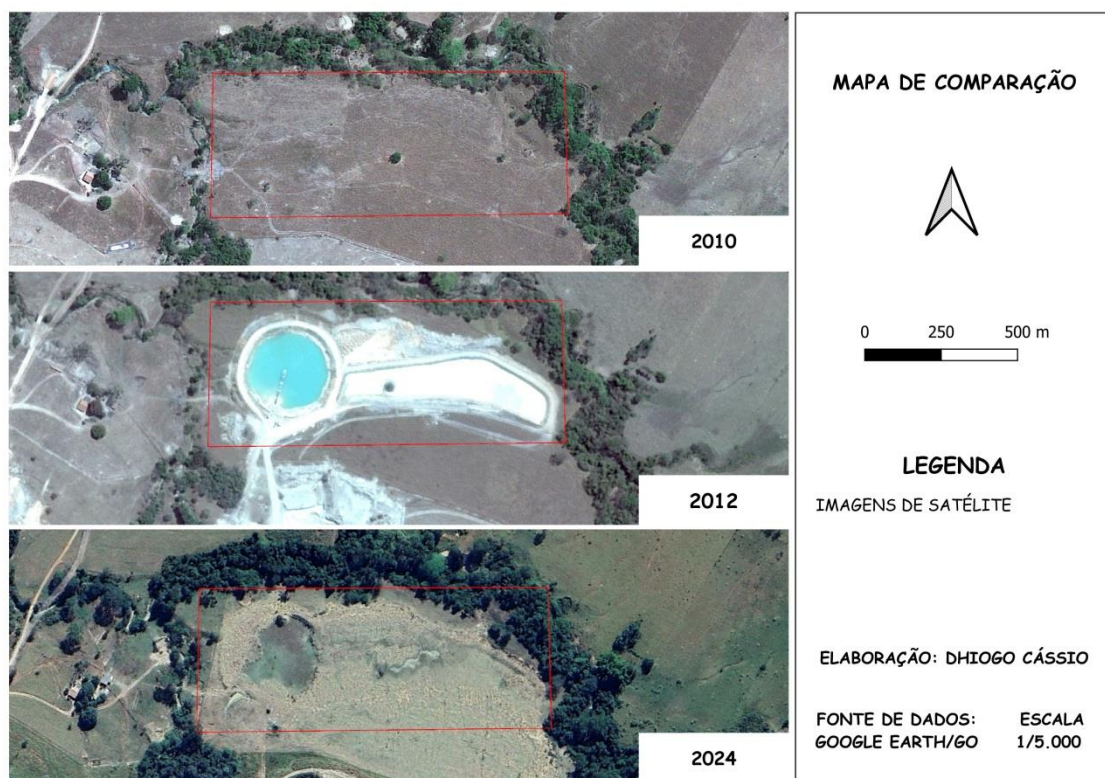
A partir dessa avaliação, verificou-se que a recomposição topográfica, realizada por meio do preenchimento das cavas com material proveniente do decapeamento e rejeitos das frentes de lavra, apresentou resultados satisfatórios. Observou-se que houve adequada regularização do terreno, com redução de desníveis acentuados e estabilização das superfícies, restabelecendo condições físicas compatíveis com o uso anterior da área.

Destaca-se que, considerando as características originais do local, cuja cobertura vegetal era predominantemente composta por estrato graminoso, a reconformação do relevo foi suficiente para promover a reintegração da área à paisagem local, atendendo ao objetivo principal de recuperação ambiental sob o ponto de vista físico.

Por outro lado, verificou-se que a etapa de revegetação com mudas nativas não apresentou pleno êxito, em função da ausência de práticas adequadas de manutenção, como irrigação, controle de formigas e reposição de mudas. Como consequência, não houve o estabelecimento integral das espécies implantadas, comprometendo parcialmente a recomposição da cobertura vegetal em algumas áreas.

Dessa forma, conclui-se que, embora a técnica de recomposição topográfica adotada tenha se mostrado eficiente, há necessidade de aprimoramento nas etapas subsequentes de recuperação, especialmente no que se refere ao plantio e manejo das mudas. Essas observações foram fundamentais para a definição das metodologias propostas neste estudo, buscando potencializar os resultados positivos já obtidos e corrigir as limitações identificadas. (FIG.7).

Figura 7: Mapa de comparação entre as épocas.



Fonte: Elaborado pelo autor, com base no SIGA/SEMAD-GO.

4.2 Proposta de intervenção e metodologias a serem utilizadas

A proposta de intervenção para a área em estudo foi elaborada com base nos princípios estabelecidos pela Lei Federal nº 12.651/2012 (Código Florestal), que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e orienta a recuperação de áreas degradadas, bem como em diretrizes técnicas amplamente adotadas para recomposição ambiental em áreas impactadas por atividades minerárias.

Considerando as condições observadas durante vistoria in loco, bem como a análise das características físicas e bióticas da área, verificou-se que o método mais adequado para a recuperação ambiental consiste na condução da recomposição topográfica seguido pela regeneração assistida, plantio de mudas de espécies nativas e o isolamento da área.

Adicionalmente, em função da atividade minerária desenvolvida na área, caracterizada pela extração de areia em cava, será adotada como etapa inicial a recomposição topográfica do terreno. Essa etapa consistirá no preenchimento das cavas formadas por meio da disposição controlada de material proveniente do decapeamento e de rejeitos oriundos das futuras frentes

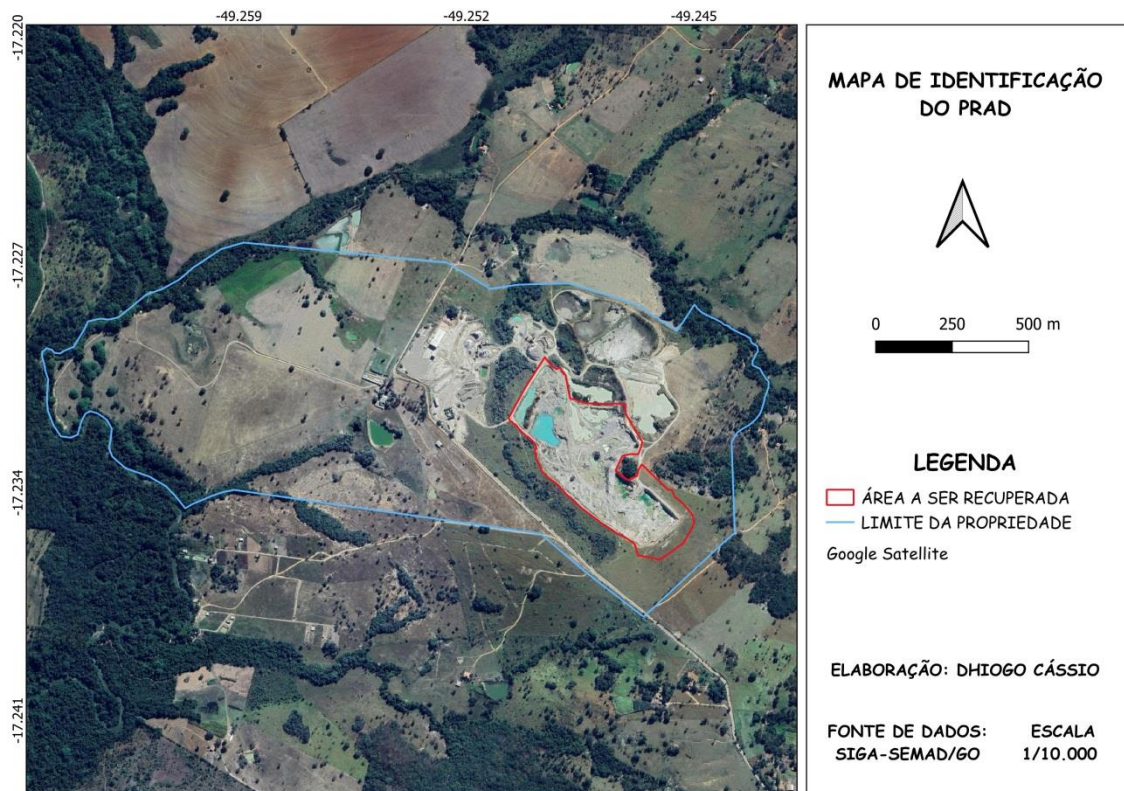
de lavra, promovendo a regularização da superfície e a reconstituição do relevo original ou próximo ao natural.

A estratégia de isolamento visa minimizar interferências antrópicas, como o pisoteio por animais e o acesso indevido, favorecendo a regeneração natural da vegetação e a estabilização dos processos ecológicos. Paralelamente, o plantio de mudas nativas tem como objetivo acelerar o processo de recomposição da cobertura vegetal, especialmente em áreas onde a regeneração natural se apresenta limitada.

As espécies a serem utilizadas deverão ser compatíveis com as fitofisionomias locais, predominantemente representadas por formações savânicas do bioma Cerrado, como cerrado ralo e campo sujo, além de formações florestais associadas às áreas mais úmidas, como matas ciliares e de galeria. Dessa forma, recomenda-se a utilização de espécies pioneiras, secundárias e, quando aplicável, espécies clímax, de modo a promover a sucessão ecológica e a reestruturação funcional do ecossistema.

Adicionalmente, as intervenções deverão priorizar a estabilização do solo, a redução de processos erosivos e a melhoria das condições de infiltração e retenção hídrica, contribuindo para a recuperação da área degradada e sua reintegração à paisagem local. (FIG.8).

Figura 8: Mapa de identificação da área a ser recuperada (PRAD).



Fonte: Elaborado pelo autor, com base no SIGA/SEMAD-GO.

4.3 Etapas da recomposição topográfica

4.3.1 Decapeamento das futuras frentes de lavra

A recomposição topográfica da área degradada será realizada de forma planejada e sequencial, com o objetivo de restabelecer as condições físicas do terreno, promover a estabilidade geotécnica e preparar a área para as etapas subsequentes de recuperação ambiental. As atividades serão executadas de forma progressiva, acompanhando o avanço das frentes de lavra, visando reduzir a exposição de áreas degradadas e otimizar o uso dos materiais disponíveis.

O processo inicia-se com a remoção da camada superficial do solo (horizonte A), realizada por meio de escavadeiras hidráulicas e tratores de esteira. Esse material, por apresentar maior teor de matéria orgânica, sementes e microrganismos, será cuidadosamente separado e destinado à utilização posterior na recuperação das áreas degradadas. Sempre que possível, o material será armazenado em leiras de baixa altura, evitando sua compactação e perda de qualidade.

4.3.2 Transporte do material

O material proveniente do decapeamento, bem como os rejeitos gerados durante a lavra, será transportado até as áreas de cavas por meio de caminhões basculantes. O transporte será realizado de forma controlada, evitando a dispersão de sedimentos ao longo das vias internas e garantindo a destinação adequada do material para as áreas em processo de recuperação.

4.3.3 Disposição controlada do material nas cavas

O preenchimento das cavas será realizado de forma gradual, por meio da deposição controlada dos materiais, respeitando critérios de estabilidade e distribuição homogênea. Essa etapa tem como finalidade reduzir desníveis acentuados, eliminar feições abruptas do relevo e promover a recomposição volumétrica da área impactada.

4.3.4 Espalhamento e conformação do relevo

Após a disposição do material, será realizado o espalhamento e a conformação do terreno com o auxílio de tratores de esteira e pás carregadeiras. Essa etapa visa garantir a distribuição uniforme do material, promovendo a formação de uma superfície contínua e compatível com o relevo natural do entorno, evitando a formação de depressões ou áreas suscetíveis ao acúmulo de água.

4.3.5 Reconformação de taludes e estabilidade geotécnica

Quando aplicável, será realizada a adequação dos taludes com o uso de escavadeiras hidráulicas, buscando estabelecer inclinações compatíveis com a estabilidade do terreno e reduzir o risco de processos erosivos ou escorregamentos. A conformação dos taludes seguirá critérios técnicos que favoreçam a drenagem superficial e a integração da área ao relevo local.

4.3.6 Regularização final e preparo da superfície

Na etapa final, será realizada a regularização do terreno, com ajustes finos da superfície, visando restabelecer condições adequadas de drenagem e estabilidade. O material de decapeamento previamente reservado será redistribuído na camada superficial, contribuindo para a melhoria das condições físicas e químicas do solo, favorecendo a retenção de umidade e preparando a área para o plantio de mudas nativas.

4.3.7 Integração com o processo de recuperação ambiental

Após a reconformação topográfica, a área estará apta a receber as etapas subsequentes de recuperação, como o plantio de mudas nativas e a condução da regeneração vegetal. A adequada execução das etapas anteriores é fundamental para o sucesso da recuperação, uma vez que garante a estabilidade do terreno e cria condições favoráveis ao desenvolvimento da vegetação.

4.4 Cercamento da área

Visando a preservação e manutenção da área a ser recuperada, é recomendável o cercamento da área objeto de intervenção, com o objetivo de restringir o acesso de animais e pessoas não autorizadas, evitando interferências que possam comprometer o processo de recuperação ambiental.

O cercamento tem como principal finalidade impedir o pisoteio do solo, a compactação superficial e danos às mudas a serem implantadas, garantindo condições adequadas para o desenvolvimento da vegetação e o sucesso das ações de recuperação propostas.

A implantação do cercamento deverá abranger toda a área em processo de recuperação, utilizando-se, preferencialmente, cercas com estacas de madeira ou mourões tratados, espaçados adequadamente, e arame liso ou farpado, conforme as condições locais.

Adicionalmente, recomenda-se a realização de manutenções periódicas na estrutura do cercamento, garantindo sua integridade ao longo do tempo e sua eficiência na proteção da área.

O cercamento deverá ser mantido durante todo o período de recuperação ambiental, sendo sua retirada condicionada ao estabelecimento das mudas implantadas e à estabilização das condições ambientais da área.

4.5 Práticas mecânicas de conservação do solo

O processo de recomposição do solo seguirá etapas operacionais bem definidas, iniciando-se com a retirada e armazenamento do material de decapeamento nas áreas de novas frentes de lavra. Esse material será posteriormente transportado por caminhões basculantes até as áreas degradadas, onde será disposto de forma controlada nas cavas existentes.

Na sequência, será realizada a distribuição e espalhamento do material com o auxílio de equipamentos como tratores de esteira e pás carregadeiras, promovendo o nivelamento da

superfície e a conformação do terreno. Quando necessário, será utilizada escavadeira hidráulica para ajustes de taludes e redistribuição do material em pontos específicos.

Após o preenchimento, será efetuada a regularização final da área, buscando a recomposição de uma topografia compatível com o entorno, evitando a formação de áreas suscetíveis à erosão ou acúmulo excessivo de água. Esse conjunto de operações visa garantir a estabilidade física do terreno e preparar a área para as etapas subsequentes de recuperação ambiental.

4.6 Procedimentos para plantio

4.6.1 Correção do pH

A correção da acidez do solo será realizada por meio da aplicação de calcário em área total, com o objetivo de adequar as condições químicas do solo para o desenvolvimento das espécies a serem implantadas.

A dosagem de calcário a ser aplicada será definida com base em análise química do solo previamente realizada, considerando parâmetros como pH, saturação por bases e teor de alumínio trocável. A aplicação será realizada a lanço de forma mecanizada, garantindo a distribuição uniforme do insumo sobre a superfície do solo, sem necessidade de incorporação, considerando as características da área recomposta.

A calagem adequada promove a elevação do pH do solo, além de fornecer cálcio e magnésio como nutrientes essenciais às plantas. Adicionalmente, contribui para a redução dos efeitos tóxicos de elementos como alumínio, manganês e ferro, melhora a disponibilidade de nutrientes como nitrogênio, fósforo, potássio, enxofre, boro e molibdênio, e aumenta a eficiência dos fertilizantes aplicados.

Do ponto de vista físico, a aplicação de calcário também favorece a melhoria das propriedades estruturais do solo, promovendo maior agregação das partículas, aumento da aeração e melhor infiltração e circulação da água, criando condições mais adequadas para o desenvolvimento radicular e estabelecimento da vegetação.

4.6.2 Combate a formigas cortadeiras e cupins

O controle de formigas cortadeiras e cupins será realizado como medida preventiva e corretiva, visando garantir o adequado estabelecimento das mudas a serem implantadas na área em recuperação.

Previamente ao plantio, será realizado o pré-controle dessas pragas com antecedência mínima de 30 dias, com o objetivo de reduzir a população de insetos e minimizar danos iniciais às mudas. Após o plantio, será efetuado o pós-controle, aproximadamente 30 dias após a implantação, visando assegurar a proteção contínua da vegetação estabelecida.

Em conformidade com a Lei nº 7.802/1989, que dispõe sobre o uso de agrotóxicos e afins, recomenda-se a adoção preferencial de métodos de controle biológico, por meio da aplicação do fungo entomopatogênico *Beauveria bassiana*, diretamente nos ninhos ou áreas de atividade dos insetos. Esse método apresenta menor impacto ambiental, contribuindo para a redução do uso de defensivos químicos e para a manutenção do equilíbrio ecológico da área em recuperação.

O fungo *Beauveria bassiana* atua como inseticida microbiológico, promovendo a infecção e posterior mortalidade dos insetos-alvo, com efeitos observados entre 6 e 12 dias após a aplicação. Sua utilização favorece o manejo sustentável das pragas, reduzindo a pressão sobre as mudas e contribuindo para o sucesso do processo de revegetação.

As técnicas de aplicação, bem como as dosagens utilizadas, deverão seguir rigorosamente as recomendações do fabricante, garantindo a eficiência do produto e a segurança ambiental. Como referência, poderão ser utilizados produtos comerciais à base de *Beauveria bassiana*, conforme disponibilidade no mercado.

Adicionalmente, será realizado o monitoramento periódico da área, com inspeções a cada três meses, visando identificar a presença de novos focos e, quando necessário, realizar reaplicações pontuais, garantindo a proteção contínua das mudas implantadas.

Em casos de alta infestação, poderá ser adotado, de forma complementar e controlada, o uso de métodos químicos, respeitando a legislação vigente e as boas práticas ambientais.

4.6.3 Distribuição das Espécies e Espaçamentos

Conforme supracitado, será realizado o cercamento de toda a área em recuperação, com o objetivo de garantir a proteção das mudas implantadas e favorecer seu adequado desenvolvimento, evitando interferências externas que possam comprometer o processo de revegetação.

O método adotado consistirá no plantio de espécies nativas do bioma Cerrado, compatíveis com as fitofisionomias identificadas na área, respeitando as características ambientais locais e visando o restabelecimento das funções ecológicas do ecossistema.

Será adotado espaçamento regular de 3,0 x 3,0 metros, correspondente a uma área de 9 m² por indivíduo, resultando em uma densidade aproximada de 1.111 mudas por hectare. Considerando que a área total a ser recuperada corresponde a 18 hectares (180.000 m²), estima-se a necessidade de aproximadamente 20.000 mudas.

Com o objetivo de compensar eventuais perdas no processo de implantação e garantir o sucesso da revegetação, será considerado um acréscimo de 25% no quantitativo total, resultando em aproximadamente 25.000 mudas a serem plantadas.

A distribuição das espécies será realizada com base nos grupos ecológicos, de forma a promover a sucessão vegetal e o restabelecimento gradual da vegetação nativa. Dessa forma, será adotada a seguinte proporção:

- 50% de espécies pioneiras (12.500 mudas);
- 35% de espécies secundárias (8.750 mudas);
- 15% de espécies clímax (3.750 mudas).

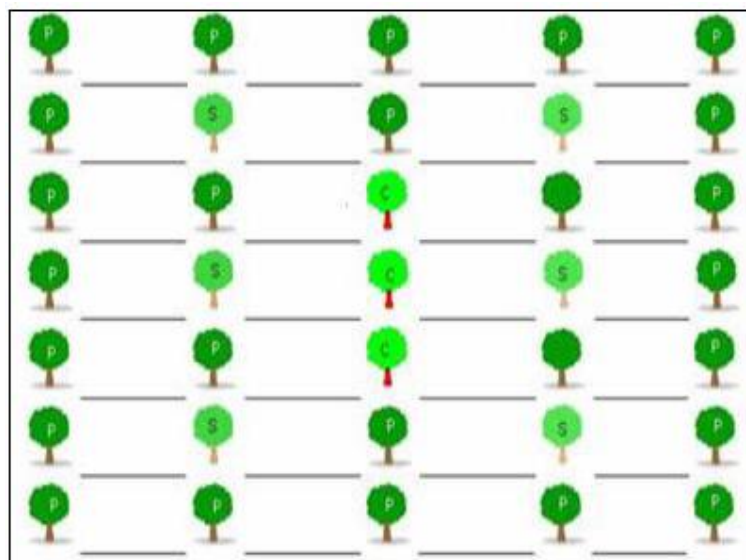
As espécies pioneiras são aquelas que apresentam rápido crescimento e elevada capacidade de adaptação a ambientes degradados, sendo fundamentais para a cobertura inicial do solo, redução da incidência direta de radiação solar e melhoria das condições microclimáticas.

As espécies secundárias possuem crescimento intermediário e se desenvolvem em ambientes parcialmente sombreados, contribuindo para o aumento da diversidade estrutural e para a consolidação do processo de recuperação ambiental.

Já as espécies clímax apresentam crescimento mais lento e maior exigência ambiental, desenvolvendo-se em estágios mais avançados da sucessão ecológica, sendo responsáveis pela estabilidade e maturidade do ecossistema.

Dessa forma, a maior proporção de espécies pioneiras justifica-se pela necessidade de rápida ocupação da área e melhoria das condições ambientais iniciais, possibilitando o estabelecimento das espécies secundárias e, posteriormente, das espécies clímax, promovendo a evolução natural da vegetação ao longo do tempo. (FIG.9).

Figura 9: Modelo de plantio de mudas.



4.6.4 Qualidade e especificações das mudas

As mudas a serem utilizadas no processo de revegetação serão adquiridas em viveiros florestais, priorizando aqueles localizados próximos à área do empreendimento, com o objetivo de reduzir o tempo de transporte e, conseqüentemente, minimizar possíveis danos à estrutura das plantas.

As mudas deverão apresentar padrão de qualidade compatível com as exigências de projetos de recuperação ambiental, garantindo maior taxa de sobrevivência e adequado desenvolvimento após o plantio. Para isso, deverão atender às seguintes características técnicas:

- Apresentar boa formação, com mudas rustificadas, ou seja, adaptadas às condições de campo;
- Estar em estágio adequado para plantio, com desenvolvimento suficiente para suportar o transplântio;
- Possuir porte variando entre 0,40 m e 0,80 m de altura, preferencialmente sem bifurcações;
- Estar isentas de pragas, doenças ou danos mecânicos;
- Apresentar tronco reto e bem formado;
- Possuir copa com, no mínimo, três ramos bem desenvolvidos;
- Apresentar sistema radicular bem formado e consolidado na embalagem, rejeitando-se mudas com raízes danificadas ou enoveladas.

A adoção desses critérios é fundamental para o sucesso do processo de restauração, uma vez que mudas de baixa qualidade tendem a apresentar maior mortalidade, elevando custos operacionais com replântio e comprometendo a eficiência das ações de recuperação ambiental.

4.6.5 Coveamento

Nas áreas a serem recompostas, o plantio das mudas será realizado por meio da abertura de covas, técnica que proporciona melhores condições para o estabelecimento inicial das espécies, favorecendo o desenvolvimento radicular e o aproveitamento dos insumos aplicados.

As covas deverão ser abertas manualmente ou com o auxílio de equipamentos mecanizados, conforme as condições do terreno, com dimensões mínimas de 40 cm de diâmetro por 40 cm de profundidade, respeitando o espaçamento previamente definido de 3,0 x 3,0 metros entre as mudas.

O solo retirado durante a abertura das covas deverá ser disposto ao lado das mesmas, sendo posteriormente utilizado no preenchimento, em conjunto com a incorporação de adubos orgânicos e demais insumos recomendados. Esse procedimento contribui para a melhoria das condições físicas e químicas do solo no entorno das raízes, favorecendo o desenvolvimento inicial das mudas.

Ressalta-se que o solo utilizado no preenchimento das covas deverá estar isento de pedras, entulhos ou qualquer material inadequado. Em situações onde o solo apresentar condições desfavoráveis, como compactação excessiva ou presença de materiais indesejáveis, deverá ser substituído por solo de melhor qualidade, com adequada estrutura, porosidade e permeabilidade, garantindo condições propícias ao desenvolvimento das espécies plantadas.

Adicionalmente, será realizado o coroamento das covas, consistindo na remoção da vegetação concorrente no entorno imediato das mudas, reduzindo a competição por água e nutrientes e contribuindo para o melhor estabelecimento das plantas.

4.6.6 Adubação

A adubação consiste no fornecimento de corretivos e fertilizantes ao solo, com o objetivo de melhorar suas condições químicas e nutricionais, favorecendo o desenvolvimento das mudas e aumentando a eficiência do processo de recuperação ambiental.

A correção do pH do solo deverá ser realizada previamente ao plantio, por meio da aplicação de calcário, conforme descrito no item de calagem, respeitando um intervalo mínimo de aproximadamente 60 dias entre a aplicação e o plantio das mudas. A quantidade de corretivos

e fertilizantes a ser aplicada deverá ser definida com base em análise química do solo, considerando as necessidades específicas da área.

Para a adubação de plantio, será adotada a incorporação de matéria orgânica diretamente nas covas, visando melhorar a estrutura do solo, aumentar a retenção de umidade e fornecer nutrientes essenciais às plantas. Dessa forma, recomenda-se a aplicação de:

- **Adubação orgânica:** aproximadamente 2 litros de esterco bovino curtido por cova, devidamente homogeneizado ao solo retirado durante o processo de coveamento. Em caso de utilização de esterco de aves, recomenda-se a aplicação de aproximadamente 0,5 litro por cova, devido à sua maior concentração de nutrientes;
- **Calagem:** aplicação de aproximadamente 300 g de calcário dolomítico por cova, conforme sua experiência prática, visando a correção localizada da acidez e o fornecimento de cálcio e magnésio.

O esterco deverá ser misturado ao solo retirado da cova, promovendo melhor distribuição da matéria orgânica e evitando contato direto com as raízes das mudas, o que poderia causar danos.

A adubação adequada contribui para o melhor desenvolvimento radicular, aumento da resistência das mudas a estresses ambientais e maior taxa de sobrevivência, sendo uma etapa fundamental para o sucesso da revegetação da área.

4.6.7 Plantio florestal

O plantio das mudas será realizado nas covas previamente preparadas, posicionando-se a muda no centro da cova. Para evitar o soterramento, parte da cova deverá ser previamente preenchida com a mistura de solo e adubo, garantindo altura adequada para o posicionamento correto da planta.

Recomenda-se que o plantio seja realizado de forma não alinhada, visando reproduzir a heterogeneidade da vegetação natural. No entanto, poderá ser adotado o plantio em linhas ou em nível, mantendo-se espaçamento mínimo de 3,0 metros entre as mudas, o que facilita as atividades de manutenção e reduz a competição por água e nutrientes.

Para garantir o adequado pegamento e desenvolvimento das mudas, deverão ser observados os seguintes procedimentos técnicos:

- A muda deverá ser retirada da embalagem (saco plástico ou tubete) cuidadosamente, apenas no momento do plantio, evitando o desmanche do torrão e reduzindo o estresse hídrico;

- O colo da muda deverá permanecer ao nível da superfície do solo, evitando tanto o enterrio excessivo quanto a exposição das raízes;
- O solo ao redor da muda deverá ser acomodado de forma a favorecer a infiltração de água e a fixação da planta;
- Na abertura das covas, o solo superficial (mais rico em matéria orgânica) deverá ser separado do solo do fundo, sendo posteriormente utilizado na mistura com adubos;
- O solo superficial deverá ser misturado com matéria orgânica e/ou fertilizantes antes de ser utilizado no preenchimento da cova;
- Deverão ser removidos materiais indesejáveis, como pedras e raízes, do solo utilizado no preenchimento, a fim de favorecer o desenvolvimento radicular;
- O solo do fundo da cova deverá ser utilizado na camada inferior, promovendo a correta inversão dos horizontes no momento do plantio;
- Quando o plantio for realizado fora do período chuvoso, recomenda-se a irrigação prévia da cova e irrigação imediata após o plantio, garantindo umidade adequada para o estabelecimento da muda;
- As mudas deverão ser irrigadas periodicamente até sua completa adaptação e desenvolvimento inicial, quando implantadas fora da estação chuvosa;
- Quando necessário, poderão ser utilizados protetores individuais, devidamente fixados ao solo, com o objetivo de evitar danos mecânicos e aumentar a taxa de sobrevivência das mudas.

A adoção desses procedimentos contribui significativamente para o aumento da taxa de sobrevivência das mudas, favorecendo o desenvolvimento inicial das espécies e garantindo maior eficiência no processo de recuperação ambiental.

4.6.8 Tutoramento

Após o plantio das mudas, deverá ser realizado o tutoramento, que consiste na fixação de suportes com a finalidade de manter as plantas em posição vertical, garantindo seu crescimento retilíneo e protegendo-as contra agentes externos, como ventos e ações mecânicas que possam comprometer seu desenvolvimento.

O tutoramento é uma prática essencial, especialmente nas fases iniciais de estabelecimento das mudas, contribuindo para a estabilidade da planta e reduzindo riscos de tombamento ou danos estruturais.

Recomenda-se a utilização de tutores de madeira com dimensões aproximadas de 2 x 2 x 220 cm, devendo ser fixados no solo com profundidade mínima de 70 cm, garantindo firmeza e sustentação adequada.

A fixação da muda ao tutor deverá ser realizada por meio de amarrilhos em formato de “oito deitado”, utilizando materiais flexíveis como borracha, sisal ou similares, de forma a evitar danos ao caule e permitir o crescimento natural da planta. Não é recomendada a utilização de arames, devido ao risco de lesões no tronco.

Os amarrilhos deverão ser periodicamente inspecionados e, caso apresentem desgaste ou danificação, deverão ser substituídos, assegurando a proteção contínua da muda durante seu desenvolvimento inicial.

A adoção adequada do tutoramento contribui para o melhor desenvolvimento estrutural das espécies plantadas, aumentando a taxa de sobrevivência e favorecendo o sucesso do processo de revegetação.

4.6.9 Período de Plantio

As mudas, em sua fase inicial de desenvolvimento, necessitam de boas condições de umidade, de modo que o sistema radicular consiga atingir camadas mais profundas do solo antes da estação seca, período em que ocorre déficit hídrico. Dessa forma, o período mais adequado para o plantio deverá coincidir com o início da estação chuvosa, compreendida, em geral, entre os meses de outubro e abril, reduzindo a necessidade de irrigações complementares e favorecendo o estabelecimento das espécies implantadas.

Considerando que o presente estudo constitui um estudo de caso, adota-se, para fins de planejamento, o ano de 2027 como marco inicial de execução das ações propostas no PRAD. Assim, o cronograma prevê que, em um primeiro momento, sejam executadas as etapas preliminares de cercamento da área, recomposição topográfica, medidas conservacionistas de caráter mecânico e controle de formigas cortadeiras e cupins.

Na sequência, durante o período chuvoso de 2027, serão implantadas as práticas edáficas, incluindo a correção do solo e a adubação, bem como o plantio das mudas nativas. Essa programação visa proporcionar melhores condições para o pegamento e desenvolvimento inicial das espécies, aproveitando a maior disponibilidade hídrica do solo.

Entre 30 e 60 dias após o plantio inicial, será realizada vistoria técnica na área com a finalidade de avaliar o estabelecimento das mudas, identificar eventuais perdas e quantificar os indivíduos mortos ou com desenvolvimento insatisfatório. Com base nessa avaliação, será

efetuado o replantio das mudas necessárias, assegurando a recomposição do quantitativo previsto e a uniformidade da revegetação implantada.

Após essa etapa, a área deverá passar por manutenções periódicas, incluindo reforma de coroamento, controle de formigas, adubações de cobertura, substituição de mudas perdidas e demais práticas necessárias ao adequado desenvolvimento da revegetação. O monitoramento deverá prosseguir ao longo dos anos subsequentes, de modo a acompanhar a evolução da recuperação ambiental e garantir a efetividade das medidas propostas.

4.6.10 Etapas do plantio

É essencial a escolha do período adequado para o plantio das espécies, especialmente aqueles com maiores índices pluviométricos, uma vez que o aproveitamento da água precipitada contribui para a redução da necessidade de irrigação e favorece o pegamento das mudas, fatores fundamentais para a otimização dos custos e efetividade do Plano de Recuperação de Áreas Degradadas.

Considerando a área a ser recuperada e o método adotado, o plantio será realizado em um único ciclo anual, enquanto as atividades de manutenção e monitoramento serão executadas ao longo de um período de 3 (três) anos, conforme práticas usuais em projetos de recuperação ambiental.

Para fins de planejamento, adota-se o ano de 2027 como marco inicial de execução do PRAD. Inicialmente, serão realizadas as etapas de cercamento da área e reconformação topográfica, incluindo a suavização de taludes e estabilização do terreno, medidas essenciais para o isolamento da área e mitigação de processos erosivos.

Na sequência, ainda no ano de 2027, serão executadas as etapas de preparo do solo, incluindo a aplicação de corretivos e adubação, bem como o controle de pragas e insetos, especialmente formigas cortadeiras e cupins, visando garantir melhores condições para o estabelecimento das mudas.

O plantio das espécies pioneiras, secundárias e clímax será realizado de forma simultânea, durante o período chuvoso, compreendido entre os meses de janeiro, fevereiro e março de 2027, aproveitando as condições favoráveis de umidade do solo para o desenvolvimento inicial das mudas.

Entre 30 e 60 dias após o plantio, será realizada vistoria técnica com o objetivo de avaliar o pegamento das mudas e identificar eventuais perdas, sendo efetuado o replantio dos indivíduos que não apresentarem desenvolvimento satisfatório.

As atividades de manutenção, incluindo coroamento, controle de formigas, adubação de cobertura e substituição de mudas, serão realizadas de forma contínua ao longo do primeiro ano após o plantio.

O monitoramento da área será realizado até o ano de 2030, totalizando um período de 3 (três) anos, com o objetivo de acompanhar o desenvolvimento das espécies implantadas, avaliar a eficiência das medidas adotadas e, quando necessário, promover intervenções complementares para garantir o sucesso da recuperação ambiental.

4.7 Cálculo de quantidade de mudas

Tabela 1: Cálculo de quantidade de mudas necessárias.

CÁLCULO DA QUANTIDADE DE MUDAS EM 18ha		
ESPÉCIES:	PORCENTAGEM (%):	Nº. DE ESPÉCIES:
Pioneiras	50%	12.500
Secundárias	35%	8.750
Clímax	15%	3.750

Obs.: Considerando a possibilidade de perdas, foi estimado em aproximadamente 25% para replantio. Essa estimativa já esse no cálculo acima.

4.8 Espécies e quantidades utilizadas no plantio

As espécies selecionadas para a recuperação ambiental da área pertencem ao bioma Cerrado e foram escolhidas considerando sua ocorrência regional, capacidade de adaptação às condições locais, contribuição para a sucessão ecológica e potencial de recuperação das funções ambientais da área degradada.

Conforme metodologia adotada, será utilizada a proporção de 50% de espécies pioneiras, 35% de espécies secundárias e 15% de espécies clímax, totalizando aproximadamente 25.000 mudas.

Tabela 2: Cálculo de quantidade de mudas necessárias.

Grupo Ecológico	Espécie	Nome Científico	Quantidade
------------------------	----------------	------------------------	-------------------

Pioneira	Lixeira	Curatella americana	2.500
Pioneira	Jacarandá-do-cerrado	Machaerium acutifolium	2.500
Pioneira	Pau-terra	Qualea grandiflora	2.500
Pioneira	Cagaita	Eugenia dysenterica	2.500
Pioneira	Angico	Anadenanthera colubrina	2.500
Secundária	Baru	Dipteryx alata	2.200
Secundária	Jatobá-do-cerrado	Hymenaea stigonocarpa	2.200
Secundária	Sucupira-preta	Bowdichia virgilioides	2.200
Secundária	Gonçalo-alves	Astronium fraxinifolium	2.150
Clímax	Ipê-amarelo	Handroanthus albus	1.250
Clímax	Ipê-roxo	Handroanthus impetiginosus	1.250
Clímax	Aroeira	Myracrodruon urundeuva	1.250

Total estimado: 25.000 mudas

A distribuição das espécies poderá sofrer adequações durante a execução do PRAD, em função da disponibilidade de mudas nos viveiros regionais e das condições ambientais observadas no momento da implantação.

4.9 Cuidados necessários com a área revegetada

4.9.1 Adubação de cobertura

A fim de propiciar melhor desenvolvimento das mudas e um povoamento mais homogêneo quanto ao crescimento, especialmente das mudas replantadas, será realizada adubação de cobertura.

Recomenda-se a aplicação de aproximadamente 330 ml de esterco bovino curtido por muda, distribuído ao redor da planta, evitando o contato direto com o caule.

Adicionalmente, será realizada a aplicação de fertilizante mineral do tipo NPK, com o objetivo de repor nutrientes essenciais ao desenvolvimento vegetal, especialmente nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), contribuindo para o crescimento, fortalecimento e maior resistência das mudas ao longo do período de estabelecimento.

Durante a vistoria pós-plantio, será realizada análise técnica das condições da área, com diagnóstico das possíveis deficiências nutricionais ou limitações ao desenvolvimento das mudas, sendo a adubação de cobertura ajustada conforme a necessidade identificada.

Essa prática favorece o fornecimento contínuo de nutrientes, promovendo melhores condições para o desenvolvimento das plantas e aumentando a eficiência do processo de recuperação ambiental.

4.9.2 Irrigação

A irrigação das mudas será realizada de forma complementar, especialmente quando o plantio ocorrer fora do período chuvoso ou em situações de veranico, visando garantir condições adequadas de umidade para o estabelecimento inicial das espécies.

No momento do plantio, será incorporado hidrogel ao solo das covas, com a finalidade de aumentar a retenção de água e disponibilizá-la gradualmente às raízes das mudas. Essa prática contribui para a redução do estresse hídrico, melhora a eficiência do uso da água e favorece o pegamento das plantas, principalmente nos primeiros estágios de desenvolvimento.

A irrigação inicial deverá ser realizada logo após o plantio, assegurando a adequada acomodação do solo ao redor das raízes e a eliminação de bolsões de ar. Posteriormente, quando necessário, serão realizadas irrigações periódicas, de acordo com as condições climáticas e a umidade do solo.

Durante períodos de estiagem, especialmente na estação seca, quando houver ausência de chuvas por períodos prolongados (superiores a 7 a 10 dias), será realizada irrigação manual ou mecanizada por equipe designada, com o objetivo de manter a umidade mínima necessária ao desenvolvimento das mudas e evitar perdas por déficit hídrico.

O hidrogel aplicado no momento do plantio será repostado periodicamente, em intervalos aproximados de 3 meses, conforme avaliação técnica das condições de umidade do solo e desenvolvimento das mudas, garantindo a continuidade de sua função de retenção hídrica ao longo do período inicial de estabelecimento.

A adoção dessas práticas contribui para o aumento da taxa de sobrevivência das mudas, promovendo maior eficiência no processo de revegetação e garantindo melhores resultados na recuperação ambiental da área.

4.9.3 Reforma do coroamento

A reforma do coroamento consiste na manutenção da área ao redor das mudas, por meio da remoção da vegetação competidora, principalmente gramíneas, com o objetivo de reduzir a competição por água, luz e nutrientes, favorecendo o desenvolvimento das espécies implantadas.

Essa prática é essencial durante as fases iniciais do estabelecimento das mudas, período em que estas apresentam maior sensibilidade à competição, podendo ter seu

crescimento comprometido ou até mesmo sofrer mortalidade em função da dominância de espécies invasoras.

O coroamento deverá ser realizado manualmente ou com o auxílio de ferramentas apropriadas, mantendo-se uma área livre de vegetação no entorno da muda, com raio mínimo de 50 cm. A remoção deverá ser feita de forma cuidadosa, evitando danos ao sistema radicular ou ao caule das plantas.

A reforma do coroamento será realizada de forma periódica, especialmente durante o primeiro ano após o plantio, podendo ocorrer sempre que for verificado o reestabelecimento da vegetação competidora. Essa prática poderá ser associada às atividades de adubação de cobertura, otimizando as operações de manutenção.

A adoção adequada da reforma do coroamento contribui diretamente para o aumento da taxa de sobrevivência das mudas, promovendo melhores condições de desenvolvimento e maior eficiência no processo de recuperação ambiental da área.

4.9.4 Replântio

Estima-se que haja uma perda de aproximadamente 25% das mudas plantadas, sendo que as mudas que não se desenvolverem deverão ser repostas, preferencialmente em um período entre 30 e 60 dias após o plantio.

4.9.5 Combate a plantas invasoras (plantas daninhas)

Recomenda-se a realização da limpeza da área plantada por meio de roçagem da vegetação existente, especialmente gramíneas, com o objetivo de reduzir a competição por água, luz e nutrientes, favorecendo o desenvolvimento das mudas implantadas.

Durante a execução da roçagem, deverá ser evitado o corte das espécies provenientes da regeneração natural, uma vez que estas contribuem para a recomposição da vegetação e para o aumento da diversidade da área em recuperação.

A roçagem poderá ser realizada manualmente ou com o auxílio de equipamentos mecanizados, como foices, enxadas ou roçadeiras costais, garantindo eficiência na remoção da vegetação competidora sem causar danos às mudas.

Essa operação deverá ser repetida com frequência trimestral, ou conforme a necessidade observada em campo, especialmente em casos de infestação por espécies daninhas mais agressivas.

A adoção dessa prática é fundamental para o sucesso da revegetação, contribuindo para o melhor desenvolvimento das mudas e para a consolidação do processo de recuperação ambiental.

4.9.6 Monitoramento e controle de formigas e cupins

A fim de evitar a mortalidade ou redução no desenvolvimento das mudas causada por ataques de formigas cortadeiras e cupins, deverá ser realizado o monitoramento periódico da área, com inspeções regulares para identificação de formigueiros e cupinzeiros existentes na área de plantio e em seu entorno.

Quando identificados focos de infestação, deverão ser adotadas medidas de controle, priorizando métodos biológicos, por meio da utilização de inseticidas microbiológicos, como produtos à base de *Beauveria bassiana*, a exemplo do Beauvel – Controle Biológico de Pragas.

A aplicação deverá ser realizada diretamente nos ninhos ou áreas de atividade dos insetos, conforme recomendações técnicas do fabricante, garantindo maior eficiência no controle e reduzindo impactos ambientais.

Essa prática contribui para a proteção das mudas durante seu desenvolvimento inicial, reduzindo perdas e favorecendo o sucesso do processo de recuperação ambiental.

4.9.7 Cobertura morta

A cobertura morta consiste na utilização de material vegetal sobre o solo, no entorno das mudas, com a finalidade de melhorar as condições ambientais para o seu desenvolvimento.

Essa prática tem como principais objetivos a manutenção da umidade no solo, a redução da incidência direta da radiação solar sobre a cova e a diminuição da emergência de plantas daninhas, que podem competir com as mudas por água, luz e nutrientes.

Recomenda-se a utilização de material orgânico disponível na própria área, como capim proveniente da roçagem, o qual deverá ser distribuído ao redor das mudas, formando uma camada protetora sobre o solo, sem encostar diretamente no caule da planta.

A adoção da cobertura morta contribui para a conservação do solo, redução da evaporação, melhoria das condições microclimáticas e aumento da eficiência do processo de revegetação.

4.10 Monitoramento

Em função de comprovar a execução do processo de recuperação da área degradada, conforme exposto neste plano de recuperação, bem como verificar o desenvolvimento das mudas plantadas e em fase de recuperação, informando as manutenções necessárias para a efetivação da recuperação, será realizado o monitoramento (vistoria técnica in loco) anual durante um período de 3 anos (até 2030), com a elaboração de Relatório Técnico contendo o registro fotográfico da situação atual da área destinada à recuperação.

Ressalta-se que o relatório será apresentado junto ao órgão ambiental competente anualmente, com o objetivo de comprovar a execução adequada das atividades e demonstrar o acompanhamento técnico do processo de revegetação das espécies nativas, evidenciando sua evolução ao longo do tempo.

Durante as vistorias técnicas, poderão ser propostas novas medidas, caso as ações previstas neste PRAD não apresentem resultados satisfatórios, garantindo a adaptação das práticas às condições reais da área e o alcance dos objetivos de recuperação ambiental.

A avaliação consistirá na verificação da situação das mudas plantadas, observando-se parâmetros como crescimento, desenvolvimento e taxa de sobrevivência. Caso os resultados esperados não sejam alcançados ao longo do período de monitoramento, serão adotadas medidas corretivas, visando assegurar a efetividade da recuperação.

Após o plantio, os cuidados necessários na área revegetada, descritos no item 4.9 deste plano, deverão ser seguidos com o intuito de manter a estabilidade das mudas e da área, proporcionando a recuperação de forma satisfatória, sem prejuízos financeiros e sem atrasos no processo. Tais medidas são essenciais para promover a sucessão ecológica, o tratamento paisagístico, a redução de processos erosivos e a recomposição das condições ambientais, aproximando o ambiente de suas características originais ou de uma condição de não degradação.

4.11 Cronograma físico-financeiro

Tabela 3: Cronograma físico-financeiro das atividades de recuperação ambiental.

Atividade	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5
Recomposição topográfica	X				
Distribuição do solo orgânico	X				
Cercamento da área	X				
Controle de erosão	X	X			
Correção do solo (calagem)	X				
Controle de formigas e cupins	X	X	X	X	X
Aquisição de mudas	X				

Plantio das mudas	X				
Replante de falhas		X	X		
Adubação de cobertura		X	X		
Controle de plantas invasoras	X	X	X	X	
Monitoramento da recuperação	X	X	X	X	X
Relatórios de acompanhamento	X	X	X	X	X
Avaliação final da recuperação					X

Estimativa Financeira

Atividade	Valor Estimado (R\$)
Recomposição topográfica	120.000,00
Cercamento	35.000,00
Aquisição de mudas	175.000,00
Plantio	80.000,00
Adubação e correção do solo	40.000,00
Controle de formigas e invasoras	25.000,00
Monitoramento ambiental	30.000,00
Relatórios técnicos	15.000,00
TOTAL ESTIMADO	520.000,00

5 CONCLUSÃO

A análise da atividade de extração de areia em cava na Fazenda Dourado, no município de Professor Jamil (GO), permitiu compreender de forma integrada os impactos ambientais decorrentes da atividade minerária, bem como as possibilidades técnicas de recuperação das áreas degradadas.

Verificou-se que a lavra promove alterações significativas no meio físico, especialmente em função da remoção da cobertura vegetal, exposição do solo e modificação da

morfologia do terreno, fatores que favorecem a intensificação de processos erosivos e aumentam a suscetibilidade ao carreamento de sedimentos. Ademais, a proximidade com cursos d'água e nascentes reforça a necessidade de adoção de medidas de controle ambiental mais rigorosas, considerando a maior sensibilidade desses ambientes às intervenções antrópicas.

Por outro lado, a avaliação de áreas previamente recuperadas evidenciou que a adoção de técnicas adequadas, como a reconformação topográfica por meio do uso de material de decapeamento e a revegetação com espécies nativas, apresenta resultados satisfatórios no processo de reabilitação ambiental. A presença de regeneração natural, aliada ao desenvolvimento das espécies implantadas, indica que a área se encontra em processo de evolução ecológica, com tendência de melhoria progressiva ao longo do tempo.

Destaca-se, ainda, a relevância da recuperação progressiva integrada à operação minerária, utilizando materiais provenientes da própria atividade, o que demonstra viabilidade técnica, econômica e operacional, além de contribuir para a redução de passivos ambientais e otimização do uso dos recursos disponíveis.

Dessa forma, conclui-se que, embora a mineração de areia em cava seja uma atividade potencialmente degradadora, seus impactos podem ser significativamente mitigados por meio de planejamento adequado, execução criteriosa das atividades e monitoramento contínuo. A incorporação da recuperação ambiental como parte integrante do processo produtivo, e não apenas como etapa final, mostra-se fundamental para garantir a sustentabilidade da atividade, promovendo o equilíbrio entre exploração mineral e conservação ambiental.

REFERÊNCIAS

BÁRBARA, N. S.; FERREIRA, P. H.; ALMEIDA, R. S. Recuperação de áreas degradadas por mineração: estudos de caso e perspectivas. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, v. 49, n. 2, p. 205–220, 2018.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Brasília, 2012.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 009, de 1990. Dispõe sobre PRAD. Brasília, 1990.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 237, de 19 de dezembro de 1997. Dispõe sobre o licenciamento ambiental. Brasília, 1997.

CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. Geografia da Natureza. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. Geologia e recursos minerais do Estado de Goiás e Distrito Federal. Goiânia: CPRM, 2006.

CLIMATEMPO. Climatologia e histórico de previsão do tempo para Professor Jamil – GO. Disponível em: <https://www.climatempo.com.br>. Acesso em: 15 jun. 2026.

GUERRA, A. J. T.; MARÇAL, M. S. Recuperação de Áreas Degradadas. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.

GOIÁS. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SEMAD. Sistema Estadual de Geoinformação Ambiental (SIGA). Goiânia, 2026. Disponível em: <https://siga.go.gov.br>. Acesso em: 15 jun. 2026.

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Manual de Recuperação de Áreas Degradadas. Brasília, 2019.

IBGE. Manual técnico de pedologia. 3. ed. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2015.

IBGE. Manual técnico de geomorfologia. 2. ed. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2009.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. A conservação do Cerrado brasileiro. Megadiversidade, v. 1, n. 1, p. 147-155, 2005.

LACERDA FILHO, J. V. et al. Geologia da região de Aragoiânia – GO. Goiânia: CPRM, 1989.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. Cerrado: ambiente e flora. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1998. p. 89-166.

SÁNCHEZ, L. E. Avaliação de Impacto Ambiental: Conceitos e Métodos. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

TASSINARI, C. C. G. et al. Estudos geocronológicos do Maciço de Aragoiânia. Revista Brasileira de Geociências, v. 18, n. 3, 1988.