

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Instituto de Ciências Agrárias
Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais

Rogério Santana Dias

**ANÁLISE DA COBERTURA DA VEGETAÇÃO EM ÁREA DE CERRADO EM
PROCESSO DE RESTAURAÇÃO**

Montes Claros

2024

Rogério Santana Dias

**ANÁLISE DA COBERTURA DA VEGETAÇÃO EM ÁREA DE CERRADO EM
PROCESSO DE RESTAURAÇÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais.

Orientadora: Dra. Nilza de Lima Pereira Sales

Coorientador: Dr. Carlos Alberto Araújo Junior

Montes Claros

2024

Dias, Rogério Santana

D541a Análise da cobertura da vegetação em área de cerrado em processo de restauração
2024 [manuscrito] / Rogério Santana Dias. Montes Claros, 2024.
104 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Área de concentração em Ciências Florestais.
Universidade Federal de Minas Gerais / Instituto de Ciências Agrárias.

Orientador(a): Nilza de Lima Pereira Sales.

Banca examinadora: Rubia Santos Fonseca, Kelly Marianne Guimarães Pereira,
Carlos Alberto Araújo Junior, Nilza de Lima Pereira Sales.

Inclui referências.

1. Cerrados -- Teses. 2. Recuperação ecológica -- Teses. 3. Revegetação -- Teses. I.
Sales, Nilza de Lima Pereira. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de
Ciências Agrárias. III. Título.

CDU: 630

ELABORADA PELA BIBLIOTECA UNIVERSITÁRIA DO ICA/UFMG
Rachel Bragança de Carvalho Mota / CRB-6/2838

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Aos 23 dias do mês de maio do ano de dois mil e vinte e quatro, às 15:00 horas, sob a Presidência da Professora Nilza de Lima Pereira Sales, D. Sc. (Orientadora – UFMG/ICA) e com a participação dos Professores Carlos Alberto Araújo Júnior, D. Sc. (Coorientador - UFMG/ICA), Rúbia Santos Fonseca, D. Sc. (UFMG/ICA) e da Pós-Doutoranda Kelly Marianne Guimarães Pereira, D. Sc. (UFLA), reuniu-se, no formato híbrido (presencialmente e por videoconferência), a Banca de Defesa de Dissertação de Rogério Santana Dias, aluno do Curso de Mestrado em Ciências Florestais. Após a avaliação do referido aluno, a Banca Examinadora procedeu à publicação do resultado da defesa da Dissertação intitulada: **“Análise da cobertura da vegetação em área de cerrado em processo de restauração”**, sendo o aluno considerado (aprovado(a)/reprovado(a)) **aprovado**. E, para constar, eu, Professora Nilza de Lima Pereira Sales, Presidente da Banca, lavrei a presente ata que depois de lida e aprovada, será assinada por mim e pelos demais membros da Banca examinadora.

OBS.: O aluno somente receberá o título após cumprir as exigências do ARTIGO 74 do regulamento do Curso de Mestrado em Ciências Florestais, conforme apresentado a seguir:

Art. 74 – Para dar andamento ao processo de efetivação do grau obtido, o candidato deverá, após a aprovação de sua Dissertação e da realização das modificações propostas pela banca examinadora, se houver, encaminhar à secretaria do colegiado do Curso, com a anuência do orientador, no mínimo 3 (três) exemplares impressos e 1 (um) exemplar eletrônico da dissertação, no prazo de 60 (sessenta) dias.

Documento assinado digitalmente
 NILZA DE LIMA PEREIRA SALES
Data: 27/05/2024 11:43:23-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Nilza de Lima Pereira Sales

Orientadora

Documento assinado digitalmente
 RÚBIA SANTOS FONSECA
Data: 27/05/2024 12:25:30-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Rúbia Santos Fonseca
Membro

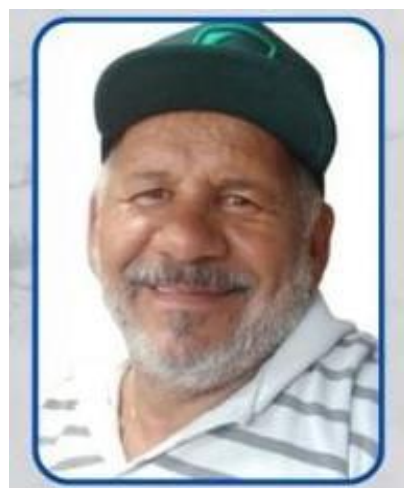
Montes Claros, 23 de maio de 2024.

Documento assinado digitalmente
 CARLOS ALBERTO ARAÚJO JÚNIOR
Data: 27/05/2024 16:13:13-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Carlos Alberto Araújo Júnior
Coorientador

Documento assinado digitalmente
 KELLY MARIANNE GUIMARÃES PEREIRA
Data: 27/05/2024 11:53:13-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Kelly Marianne Guimarães Pereira
Membro



Dedico esta dissertação ao meu amigo, companheiro e parceiro de todos os momentos vividos neste projeto, ao meu Tio “Adeir” (in memoriam).

AGRADECIMENTOS

Nesses anos de mestrado, repletos de estudo, esforço e dedicação, gostaria de expressar a minha mais profunda gratidão a todas as pessoas que estiveram ao meu lado e foram fundamentais para a realização deste sonho. Suas contribuições foram essenciais e marcaram de forma indelével esta jornada;

Em primeiro lugar, quero agradecer à minha Mãe Marlene, por sua compreensão e apoio incondicional, mesmo nos momentos em que precisei me ausentar de sua companhia. Sua força e estímulo foram luz nos momentos mais desafiadores;

À Universidade Federal de Minas Gerais, agradeço pela oportunidade de estudo concedida. À FAPEMIG, por ter me concedido a bolsa de estudo que tornou possível dedicar-me integralmente à pesquisa;

À Somai Nordeste SA., representada pelo Sr. Deivison Henrique Teixeira, agradeço pela generosidade em permitir o uso das instalações da empresa para minhas atividades de pesquisa e investigação;

Minha gratidão mais do que especial vai para a Prof. Dra. Nilza de Lima Pereira Sales, minha orientadora e amiga, pela sua dedicação incansável e por ser um exemplo de profissionalismo e humanidade;

Ao meu coorientador, Prof. Dr. Carlos Alberto de Araújo Junior, expresso meu profundo agradecimento pela sua orientação e apoio ao longo de toda esta jornada;

À Professora Rúbia e à Professora Leidivan, agradeço pela valiosa colaboração neste trabalho e pelas palavras de incentivo;

Aos alunos da Engenharia Florestal Livia, Matheus e Sthefany, bem como ao aluno da Engenharia Agrícola, Gabriel, minha gratidão pela colaboração indispensável na pesquisa e nos trabalhos de campo;

Aos colegas do mestrado, em especial a Rayssa e Ruth, agradeço pela parceria e troca de experiências enriquecedoras;

Aos amigos José Antonio e “Adeir” (*in memoriam*), a quem dedico esta dissertação, meu eterno agradecimento por sua amizade e apoio constantes;

E a todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para que este sonho se tornasse realidade, meu sincero obrigado. Cada gesto de incentivo e cada palavra de encorajamento foram fundamentais para este momento.

Que o exemplo de dedicação e superação de todos os envolvidos neste caminho sirva de inspiração para novas conquistas.

Muito obrigado!

“A imaginação é mais importante que o conhecimento”.

(Albert Einstein)

RESUMO

A degradação das áreas do norte de Minas Gerais é atribuída, primariamente, à atividade agrícola, pecuária, mineração e urbanização, nesse sentido, a degradação provoca uma diminuição progressiva dos recursos naturais, resultando na perda e extinção de espécies. Como resposta a estes impactos, diversas iniciativas têm sido empreendidas, incluindo o manejo e conservação do solo por meio da implementação de bacias de contenção, terraceamento e cercamento de nascentes. Dessa forma, o estudo investigou a eficácia dessas estratégias na restauração de áreas degradadas no cerrado do norte de Minas Gerais. Duas situações distintas foram selecionadas para análise: uma área de pastagem degradada e outra de vegetação nativa remanescente degradada. Nessas áreas, os efeitos de diferentes tratamentos foram comparados, incluindo a presença e ausência de bacias de contenção e terraços. A avaliação abrangeu análises florísticas e de cobertura vegetal, utilizando imagens de satélite. Os resultados demonstraram que o manejo do solo contribuiu para a recuperação da vegetação, resultando em melhorias significativas na cobertura vegetal em comparação com áreas não intervencionadas. Entre 2020 e 2023, as áreas RAD 3 e RAD 4 registraram um aumento de 63,9% na cobertura vegetal com NDVI superior a 0,20, enquanto as áreas RAD 2 e RAD 5 apresentaram um incremento médio de 43,47% na cobertura vegetal com NDVI entre 0,15 e 0,20. Foi registrado um total de 1305 indivíduos, sendo 314 arbóreos e 1001 regenerantes, distribuídos em 39 famílias e 140 espécies. As famílias mais representativas em número de indivíduos foram Fabaceae, Myrtaceae e Malpighiaceae. As espécies mais abundantes nas áreas amostradas foram *Erythroxylum decidum* (76 indivíduos) e *Distimake tomentosus* (66 indivíduos), o que sugere um potencial para a restauração com base na abundância e características das espécies locais. No estrato arbóreo, o grupo 1 (ER e RAD5) apresentou maior similaridade, enquanto o grupo 2 (RAD2 e RAD3) apresentou menor similaridade, e RAD4 demonstrou similaridade intermediária. No estrato de regenerantes, o grupo 1 (RAD2, RAD3 e RAD4) apresentou similaridade muito alta, enquanto o grupo 2 (RAD4 e RAD5) apresentou similaridade baixa, indicando menor semelhança entre si. No entanto, estudos adicionais são necessários para validar esses resultados e identificar as espécies mais adequadas para a restauração, considerando as condições específicas do solo e do ambiente local.

Palavras-chave: Indicadores de recuperação; bacias de contenção; regeneração natural; recuperação.

ABSTRACT

The degradation of areas in northern Minas Gerais is primarily attributed to agricultural, livestock, mining, and urbanization activities, all relying on available natural resources. This degradation causes a progressive reduction of the ecosystem, resulting in the loss and extinction of species. In response to these impacts, various initiatives have been undertaken, including soil management and conservation through the implementation of containment basins, terracing, and spring enclosure. This study investigated the effectiveness of these strategies in restoring degraded areas in the cerrado of northern Minas Gerais. Two distinct situations were selected for analysis: a degraded pasture area and a degraded remnant native vegetation area. In these areas, the effects of different treatments were compared, including the presence and absence of containment basins and terraces. The evaluation included floristic and vegetation cover analyses using satellite images. The results demonstrated that soil management contributed to vegetation recovery, resulting in significant improvements in vegetation cover compared to non-intervention areas. Between 2020 and 2023, RAD 3 and RAD 4 areas recorded a 63.9% increase in vegetation cover with NDVI greater than 0.20, while RAD 2 and RAD 5 areas showed an average increase of 43.47% in vegetation cover with NDVI between 0.15 and 0.20. A total of 1305 individuals was recorded, with 314 trees and 1001 regenerants, distributed among 39 families and 140 species. The most representative families in terms of individuals were Fabaceae, Myrtaceae, and Malpighiaceae. The most abundant species in the sampled areas were *Erythroxylum deciduum* (76 individuals) and *Distimake tomentosus* (66 individuals), suggesting potential for restoration based on the abundance and characteristics of local species. In the tree stratum, group 1 (ER and RAD5) showed the highest similarity, while group 2 (RAD2 and RAD3) showed the lowest similarity, and RAD4 demonstrated intermediate similarity. In the regenerant stratum, group 1 (RAD2, RAD3 and RAD4) showed very high similarity, while group 2 (RAD4 and RAD5) showed low similarity, indicating less similarity between them. However, additional studies are needed to validate these results and identify the most suitable species for restoration, considering the specific soil and local environmental conditions.

Keywords: Quality indicators; gradient; natural regeneration; restoration.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de localização - Fazenda Serra Velha-Traçadal.....	35
Figura 2 - Mapa de solo - fazenda Serra Velha-Traçadal	36
Figura 3 – Imagens de a(Ecossistema de referência) b, c, d, e após intervenções - Fazenda serra Velha - Traçadal	39
Figura 4 – Declividades na Fazenda Serra Velha-Traçadal.....	39
Figura 5 - Índices de vegetação por diferença normalizada indicando a variação na cobertura do solo nos anos de 2018, 2020 e 2023	47
Figura 6 - Mapa de localização - Fazenda Serra Velha-Traçadal.....	60
Figura 7 - Mapa de solo - Fazenda Serra Velha-Traçadal.....	61
Figura 8 - Mapa de Biomas do Estado de Minas Gerais.....	62
Figura 9 – Vegetação presente nas áreas de estudo	63
Figura 10 – Croqui distribuição de parcelas.....	66
Figura 11 - Melasomatáceae raras encontradas na área de estudo.....	69
Figura 12 – Gráficos das Famílias com maior representatividade de indivíduos arbóreos e regenerantes nos estratos amostrados	81
Figura 13 – Gráficos de classificação das espécies arbóreas quanto ao seu hábito, grupo ecológico e síndrome de dispersão	86
Figura 14 – Gráficos de classificação das espécies regenerantes quanto ao seu hábito, grupo ecológico e síndrome de dispersão.....	93
Figura 15 - Dendrogramas de similaridade florística (Bray-curtis UPGMA) dos estratos amostrados	98

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Lista de família e espécies com número de indivíduos arbóreos, encontrados para a fisionomia das áreas de estudo, organizadas por ordem alfabética.....	72
Quadro 2 - Lista de família e espécies com número de indivíduos juvenis, encontrados para a fisionomia das áreas de estudo organizadas por ordem alfabética.....	75
Quadro 3 – Classificação das espécies arbóreas quanto ao seu hábito, grupo ecológico e síndrome de dispersão.....	84
Quadro 4 - Classificação das espécies regenerantes quanto ao seu hábito, grupo ecológico e síndrome de dispersão.....	87
Quadro 5 - Riqueza, dominância e diversidade: uma comparação entre diversas áreas	96

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características do Sensor Sentinel-2 utilizadas neste estudo.....	41
Tabela 2 – Representação dos resultados de cobertura do solo, na área de estudo	42
Tabela 3 – Resultados de análises de solo das subáreas de estudo (Ecossistema de Referência, RAD2, RAD3, RAD4 e RAD5).....	44
Tabela 4 – Variações de uso do solo por classe de NDVI	49

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CbH	Cambissolo Haplíco
ER	Ecossistema de referência
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renovaveis
IGAM	Instituto Nacional de gestão da Água
INMET	Instituto Nacional de Meterologia
Lv	Latossolo Vermelho
LvA	Latossolo Vermelho-Amarelo
MMA	Ministerio do Meio Ambiente
NBR	Normas Brasileiras
ND	Número digital
NDVI	Índice de Vegetação por Diferença Normalizada
PRAD	Projeto de Recuperação de Área Degradada
RAD	Recuperação de Áreas Degradadas
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação
SR	Sensoriamento Remoto

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	OBJETIVOS	17
2.1	Objetivo Geral.....	17
2.2	Objetivos Específicos	17
3	REVISÃO DE LITERATURA	18
3.1	Áreas degradadas	18
3.2	Recuperação de áreas degradadas	19
3.3	Indicadores.....	21
3.3.1	Indicadores de restauração	21
3.3.2	Indicadores de qualidade do solo	22
3.4	Geotecnologias.....	23
3.5	Referências	26
4	ARTIGOS	30
4.1	Artigo 1 - Análise da cobertura vegetal como indicadora de restauração de áreas degradadas no Cerrado	30
4.2	Artigo 2 - Florística de áreas em processo de restauração no cerrado de Minas Gerais.....	56
5	CONCLUSÃO	99
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	100

1 INTRODUÇÃO

O Cerrado é uma região biogeográfica de grande importância para a comunidade científica, similar a outros *habitats* naturais considerados *hotspots* ecológicos. Estes ambientes abrigam uma vasta quantidade e diversidade de organismos, muitos dos quais são endêmicos, mas enfrentam ameaças de destruição (Braga; Prado, 2020). Adicionalmente, Forzza *et al.* (2010) documentam que 29,7% das espécies de plantas com sementes endêmicas do Brasil, totalizando 4.151 espécies, são encontradas no bioma Cerrado.

É considerado o maior hotspot do hemisfério ocidental e a savana tropical mais rica em biodiversidade do planeta (Sawyer *et al.*, 2018), ocupa aproximadamente 22% do território brasileiro, representa o segundo maior bioma tanto do Brasil quanto da América do Sul (Medeiros, 2011). Com uma área aproximada de 2 milhões de km², em torno de 99% (Braga; Prado, 2020). Além disso, o Cerrado abriga as nascentes das três principais bacias hidrográficas da América do Sul: Amazonas/Tocantins, São Francisco e Prata (Sawyer *et al.*, 2018).

O mau uso do solo de suas bacias hidrográficas traz como consequências a redução destes recursos e o desabastecimento de regiões inteiras que dependem da água em qualidade e quantidade (Nascimento *et al.*, 2006; Tanaka *et al.*, 2016; Tyagi *et al.*, 2014).

Dentre a dinâmica de uso e ocupação do solo do cerrado, a agropecuária tem como foco três aspectos inter-relacionados e que afetam diretamente sua sustentabilidade ambiental e econômica: o histórico de uso da terra, incluindo o desmatamento; o impacto dos diferentes usos agropecuários na fertilidade do solo, como principal fator limitante a produção agrícola e a degradação de pastagens, pelo fato da criação extensiva a pasto ser responsável por 70% da área ocupada deste bioma e está em constante expansão (Arruda, 2018).

A fragilidade dos solos e a variabilidade climática aceleram o processo de degradação ambiental pela ocupação e substituição da vegetação nativa, por atividades agropecuárias, florestal, urbanas e mineração (Guerra *et al.*, 2018). Cabe destacar que as atividades pecuárias são classificadas como a principal fonte degradadora dos solos no Norte de Minas Gerais, tais atividades promovendo a maior extensão de áreas degradadas pelo manejo incorreto das pastagens e

desrespeito à legislação ambiental, no que se refere à manutenção das áreas de preservação permanente (APP's) (Ribeiro; Fonseca; Silva, 2001).

A região norte do estado de Minas Gerais apresenta distribuição irregular dos índices pluviométricos para níveis sensivelmente baixos e prolongados períodos de seca de forma a comprometer a disponibilidade hídrica para as atividades humanas gerando prejuízos econômicos (Minas Gerais, 2015), caracterizando-se como um território de clima semiárido.

Diversos estudos descrevem técnicas para a recuperação de áreas degradadas, entre as quais a semeadura direta se destaca por seus baixos custos e pela eliminação das etapas de produção de mudas em viveiros florestais (Ferreira *et al.*, 2009). Outra técnica eficaz é a recuperação por meio de mudas, que pode envolver tanto espécies pioneiras em locais sem cobertura vegetal quanto espécies secundárias tardias e clímax para o enriquecimento das florestas secundárias (Gandara, 2004).

Atualmente, existem duas principais técnicas: o manejo do solo para redução do processo erosivo (curvas de nível, terraceamento e construção de bacias de contenção) e a proteção e condução da regeneração natural (Casarin, 2008; Martins *et al.*, 2012), tanto no contexto da reabilitação, cujo objetivo principal é de cessar os processos erosivos do solo, quanto para a restauração dos ecossistemas retorno ao equilíbrio dinâmico e funções ecológicas. A escolha vai depender do objetivo final da recuperação.

A evolução de um projeto de recuperação em uma área degradada deve ser avaliada por meio de indicadores de recuperação, sendo possível definir se o projeto necessita sofrer novas intervenções, visando acelerar o processo de sucessão e de restauração das funções do ecossistema (Bellotto *et al.*, 2007). Assim, o presente trabalho teve como objetivo analisar o sucesso das ações e efetividade do emprego de técnicas de manejo e conservação do solo na recuperação das áreas degradadas no cerrado.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Como a finalidade de avaliar a efetividade de técnicas de manejo já aplicadas ao solo na recuperação de área degradada no cerrado.

2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar a redução do processo erosivo do solo por meio do avanço da cobertura da cobertura vegetal;
- Determinar as características físicas e químicas do solo em processo de recuperação;
- Realizar o levantamento florístico da área em processo de restauração;
- Determinar a diversidade de espécies regenerantes.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Áreas degradadas

O conceito de degradação está associado aos efeitos ambientais adversos que resultam principalmente de atividades e intervenções humanas. Raramente esse conceito se aplica às alterações causadas por fenômenos naturais. Sua definição varia de acordo com a atividade geradora dos efeitos e o campo do conhecimento humano, nos quais são identificados e avaliados. Por exemplo, a definição de degradação do solo pode variar conforme o uso humano (EMBRAPA, 2008).

Áreas degradadas são definidas como regiões que perderam suas capacidades de autorregeneração, seja por processos naturais ou ações humanas. Evidenciado por Pinto (2006), dois grupos principais de agentes causadores de degradação: Agentes Naturais (processos climáticos e químicos que desgastam o solo e os substratos; deslocamento do solo devido à ação da água e do vento; variações no nível da água subterrânea que afetam a estabilidade do solo; inundações que impactam negativamente o ambiente; condições meteorológicas extremas) e Agentes Antrópicos (exploração de recursos naturais que altera o ambiente; modificações no relevo do solo; práticas agrícolas e pecuárias que causam degradação; remoção de vegetação natural; incêndios que prejudicam o ecossistema; acúmulo inadequado de materiais), para recuperar essas áreas, é essencial eliminar as causas de degradação, estabilizar o ambiente, recompor o substrato e promover a revegetação.

A degradação do solo pode ocorrer de diversas formas, mas duas delas se destacam: escoamento superficial e subsuperficial. A degradação do solo compromete sua capacidade de sustentar a vida e o desenvolvimento humano (Guerra *et al.*, 2013).

Segundo o Instituto Mineiro de Gestão das Águas (Gaio, 2019), a ação antrópica, que inclui o desmatamento desordenado para a expansão de áreas agrícolas, aliada à falta de adoção de tecnologias adequadas para a conservação do solo, resulta na compactação do solo. Essa compactação reduz as taxas de infiltração de água, além de intensificar o escoamento superficial. As consequências

dessa degradação incluem: Erosão do Solo; assoreamento e enchentes; disponibilidade de água.

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (NBR) 10703, a degradação do solo consiste na alteração adversa das características do solo, afetando seus diversos usos possíveis, tanto os estabelecidos em planejamento quanto os potenciais.

O Instituto Brasileiro de Meio Ambiente (IBAMA, 2011) define a degradação de uma área quando ocorre a destruição, remoção ou expulsão da vegetação nativa e fauna, a perda, remoção ou soterramento da camada fértil do solo, bem como a alteração na qualidade e regime de vazão do sistema hídrico. Essa degradação impede a recomposição natural do solo devido à gravidade dos danos, prejudicando o desenvolvimento sócio-econômico e exigindo intervenções para sua recuperação. Em resumo, a degradação do solo envolve mudanças prejudiciais que afetam sua capacidade de sustentar a vida e o desenvolvimento humano.

De maneira análoga às definições de áreas degradadas e degradação, a literatura técnica e os textos da legislação ambiental brasileira em diversos níveis também apresentam incertezas e contradições quanto às definições precisas dos termos “recuperação” e “restauração”. Observa-se que esses termos não são utilizados apenas para descrever as ações concretas de recuperação e restauração, mas também se referem aos objetivos e metas associados a esses processos. Em geral, eles indicam uma trajetória oposta à degradação e desempenham um papel crucial na comunicação entre os envolvidos na escolha das estratégias a serem adotadas em áreas degradadas (Embrapa, 2008).

3.2 Recuperação de áreas degradadas

Conforme as diretrizes estabelecidas pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente (IBAMA, 2011), a recuperação de um sítio degradado tem como meta retorná-lo a uma forma e utilização de acordo com um plano pré-estabelecido para uso do solo. Isso implica criar condições propícias para que o ambiente se reestruture, mesmo quando ele não possui capacidade intrínseca de regeneração física, química ou biológica.

O artigo 225, inserido no capítulo VI que trata do Meio Ambiente (Brasil, 1988), estabelece que é dever do Estado preservar e restaurar os processos ecológicos essenciais, bem como promover o manejo ecológico das espécies e ecossistemas. Essa disposição está regulamentada pela Lei nº 9.985, datada de 18 de julho de 2000, que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) sob a responsabilidade do Ministério do Meio Ambiente (MMA). O objetivo desse dispositivo legal é equilibrar a preservação ambiental com o uso sustentável dos recursos naturais. Isso implica harmonizar a conservação da biodiversidade com a presença da população local. Segundo a Lei nº 9.985 de 18 de Julho de 2000 “Artigo 2º, inciso XIII recuperação - restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada a uma condição não degradada, que pode ser diferente de sua condição original; inciso XIV restauração - restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada o mais próximo possível da sua condição original”.

A recuperação de áreas degradadas tem como propósito criar condições propícias para a reestruturação da vida em ambientes que não possuem capacidade intrínseca de se regenerar fisicamente, quimicamente ou biologicamente. Essa definição, conforme o Decreto Federal 97.632/89, “A recuperação deverá ter por objetivo o retorno do sítio degradado a uma forma de utilização, de acordo com um plano preestabelecido para o uso do solo, visando a obtenção de uma estabilidade do meio ambiente

Proteção e Estímulo à Regeneração Natural, Casarin (2008) e Martins (2012) destacam essa abordagem. O que envolve a proteção das áreas degradadas e o incentivo à regeneração espontânea da vegetação. Em resumo, a recuperação eficaz requer uma combinação inteligente dessas técnicas, considerando as condições locais e os objetivos específicos de cada projeto. Para o sucesso nos procedimentos de manejo e conservação de solo e da água a cobertura do solo é de extrema importância para evitar o transporte das partículas que o compõe, reduzindo a compactação, infiltração de água no solo e reduzindo o escoamento superficial evitando as perdas buscando manter ou maximizar a capacidade produtiva do solo, visando à melhoria das condições físicas, químicas e biológicas (Besen, 2018; Souza, 2021).

3.3 Indicadores

Os Indicadores são variáveis cuja finalidade medir as alterações em um fenômeno ou processo por meio do monitoramento, tal como alterações na biodiversidade ou nos processos ecológicos do ecossistema em restauração, ao longo de sua trajetória em relação ao estado desejado. Os indicadores são classificados como:

3.3.1 INDICADORES DE RESTAURAÇÃO

Os projetos de recuperação de ecossistemas degradados não garantem automaticamente que a área restaurada atingirá suas condições ideais de recuperação. Para avaliar a sustentabilidade desse ecossistema e os objetivos alcançados, é essencial utilizar indicadores apropriados e realizar monitoramentos adequados. Dessa forma, será possível determinar a condição atual da área recuperada e acompanhar as mudanças em suas condições ambientais ao longo do tempo (Martins, 2009).

Os indicadores de restauração constituem ferramentas essenciais para a compreensão das condições de uma metodologia específica empregada no ambiente. Esses indicadores estabelecem uma correlação entre os processos naturais sucessivos e as metas definidas nos projetos de restauração (Bastos, 2010). Assim sendo, a utilização de indicadores desempenha um papel crucial na avaliação da eficácia dos projetos de restauração. Portanto, considera-se que o emprego de indicadores é um recurso relevante para a avaliação desses projetos.

A avaliação da eficiência dos projetos de restauração baseia-se na comparação entre áreas onde ocorreram alterações e áreas preservadas, que servem como referência para futuras avaliações. Os indicadores desempenham um papel fundamental nesse processo, permitindo avaliar a eficácia desses projetos (Lima, 2014). A qualidade do solo é mensurada através do uso de indicadores, que são atributos que medem ou refletem o status ambiental ou a condição de sustentabilidade do ecossistema.

3.3.2 INDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO

Os indicadores de qualidade do solo constituem referências que simplificam a avaliação da qualidade do solo. Esses indicadores podem ser quantificados por meio de índices numéricos, semelhantes aos utilizados para medir a salinidade e erodibilidade dos agregados. Além disso, é viável empregar modelos gráficos ou matemáticos com essa finalidade. Os indicadores de qualidade do solo são geralmente agrupados em três categorias: físicos, químicos e biológicos (Araújo; Monteiro, 2007).

Indicadores físicos os solos desempenham um papel crucial ao estabelecer relações diretas nos processos hidrológicos. Essas relações incluem a taxa de infiltração, o escoamento superficial, a drenagem e a erosão. Além disso, os solos também desempenham outras funções essenciais, como o armazenamento e suprimento de água, nutrientes e oxigênio (Silva *et al.*, 2020). Dentre os principais indicadores físicos que avaliam a qualidade do solo, destacam-se: Estrutura do Solo (retenção, transporte de água e nutrientes); Infiltração e densidade do Solo (movimentação de água e porosidade do solo) e Capacidade de retenção de umidade (armazenamento e disponibilidade de nutrientes de água).

Indicadores químicos esses indicadores desempenham papel na avaliação da capacidade do solo em sustentar os biomas. Eles estão diretamente relacionados à ciclagem de nutrientes e, além disso, têm impacto no rendimento das culturas. Com base nesses parâmetros, é possível analisar e determinar ações corretivas no solo, como adubações e calagens, a fim de criar condições ideais para a produção agrícola (Cardoso *et al.*, 2013).

Entre os indicadores químicos utilizados para avaliar a capacidade de disponibilização de nutrientes no solo, consideram-se os teores de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg). Esses elementos são facilmente mensuráveis e estão diretamente relacionados à nutrição das culturas. Além disso, a saturação por base (V%) expressa a porcentagem de ocupação dos elementos essenciais, como Ca, Mg e K, na troca de cátions. Quando a saturação por base é baixa, ocorre uma maior absorção de elementos tóxicos, como o Al^{3+} e H^{+} (Taiz; Zeiger, 2013).

O pH do solo, a capacidade de troca catiônica, a matéria orgânica e a disponibilidade de nutrientes são os principais indicadores químicos que influenciam diretamente a qualidade do solo. Esses fatores estão intrinsecamente ligados à capacidade do solo de promover o crescimento e desenvolvimento das plantas, uma vez que afetam o fornecimento de nutrientes essenciais (Cardoso *et al.*, 2013).

Em grande parte dos solos brasileiros, observam-se problemas de acidez que podem resultar na presença de alumínio e manganês em quantidades tóxicas para as culturas. Além disso, a elevada saturação de alumínio está associada à deficiência de cálcio e magnésio, entre outros nutrientes. Esses desafios afetam o desenvolvimento do sistema radicular das plantas, limitando a absorção de água e nutrientes (Melloni *et al.*, 2008).

Indicadores biológicos estão associados desde as observações microscópicas até macroscópicas a respeito da degradação ambiental. Em relação à análise de solo, os indicadores biológicos apresentam grande importância para a obtenção de informações que possam servir de parâmetros para os procedimentos de recuperação (Silva *et al.*, 2020).

Segundo Araújo *et al.* (2012), “os indicadores biológicos, como a biomassa, a respiração microbiana do solo, a atividade enzimática e o quociente metabólico, são importantes para a ciclagem dos nutrientes e o crescimento vegetal”. Se o crescimento vegetal não é evidente, por exemplo, os profissionais já podem avaliar as causas e identificar se essa deficiência é decorrente de um processo de degradação.

3.4 Geotecnologias

A geotecnologia é uma área multidisciplinar que utiliza tecnologias e técnicas para coletar, processar, analisar e visualizar dados geográficos. Ela combina conhecimentos da engenharia, geografia, cartografia, sensoriamento remoto, sistemas de informação geográfica (SIG) e outras disciplinas relacionadas para fornecer informações precisas e atualizadas. Essas informações são essenciais para entender e tomar decisões sobre o ambiente físico, planejamento urbano, gestão de recursos naturais, monitoramento ambiental, entre outros (Souza Filho; Crósta, 2003).

Nos cálculos e processamento de índices de vegetação, as geotecnologias têm sido ferramentas base para estudar a vegetação e processo de regeneração, permitindo o monitoramento, e a identificação de diferentes feições de uma paisagem (Resende *et al.*, 2015; Candido *et al.*, 2015).

O desenvolvimento de um sistema para classificar dados sobre uso do solo, obtidos a partir da utilização de técnicas de sensoriamento remoto mais eficientes, aperfeiçoando os levantamentos das informações em que são mais detalhados e precisos (Vaenza *et al.*, 2014).

De acordo com o volume I do Manual Remote Sensing (Simonett; Ulaby, 1983), e com Elachi e Zyl (2021), o sensoriamento Remoto (SR) é definido como aquisição de informações sobre alguma propriedade de um objeto ou fenômeno sem contato físico com ele, citado por (Lorenzzetti, 2015).

Sensoriamento remoto é definido como as medidas das propriedades de um objeto na superfície da terra usando dados adquiridos por meio de aeronaves e satélites (Schowengerat, 2007). Para Slater (1980), Sensoriamento Remoto é o conjunto de atividades utilizadas para a aquisição de informações relativas aos recursos naturais da terra, ou ao seu meio ambiente, obtidas pela análise da energia eletromagnética refletida, emitida ou retroespalhada pelos alvos, coletada por meio de sensores instalados a bordo de plataformas em altitude, tais como: balões, foguetes, aviões e satélites.

Os sensores remotos apresentam variações quanto a resolução temporal, espacial, radiométrica espectral e a composição das imagens, assim, o uso das informações contidas são diversas. Os sensores estão a bordo de satélites tais como: SENTINEL (Programa Copernicus de observação da Terra da União Europeia) e CBERS (China-Brazil Earth Resources Satellite), Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres.

As imagens orbitais armazenam diversas informações da superfície da terra que são captadas por sensores remotos constantemente, assim, é possível o acompanhamento da dinâmica da vegetação, que se encontra em constantes alterações estruturais e fisiológicas (Menezes; Almeida, 2012).

De acordo com Pavanelli e Santos (2014), as imagens orbitais permitem avaliar e estudar as alterações na estrutura e expansão da vegetação sendo possível de ser acompanhado e avaliado com o uso de índices de vegetação como

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) que é um indicador da quantidade e da condição vegetação verde.

3.5 REFERÊNCIAS

ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R. Indicadores biológicos de qualidade do solo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, n. 3, 2007.

ARAÚJO, Edson Alves *et al.* Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. **Applied Research & Agrotechnology**, [s.l.], v. 5, n. 1, p.187-206, 2012.

ARRUDA, M. R. **Uso da terra, fertilidade do solo e degradação de pastagens**: um estudo de caso em dois municípios no cerrado brasileiro. 2018. 92 f. Tese (Doutorado em Agronomia Tropical) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10703**: Degradação do Solo. Rio de Janeiro: ABNT, 1989.

BASTOS, S. C. **Aplicação de indicadores de avaliação e monitoramento em um projeto de restauração florestal, Reserva Particular do Patrimônio Natural-RPPN Fazenda Bulcão, Aimorés, MG**. 2010. 118 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2010.

BELLOTTO, A. VIANI, R.A.G.; RODRIGUES, R.R.; NAVE, A.G. **Importância do monitoramento das áreas restauradas para análise da efetividade das ações**. Piracicaba: USP/ESALQ, 2007.

BESSEN, M. R. *et al.* Práticas conservacionistas de solo e emissão de gases de efeito estufa no Brasil. **Scientia Agropecuária**, Trujillo, v. 3, p.429-439, 2018.

BRAGA, H. F.; PRADO, H. F. A. Micodiversidade no Cerrado: relatos nos últimos anos. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, Tocantins, v. 8, n. 4, p. 339-348, 2020.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República, [2020]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 15 maio 2022.

BRIDGEWATER, S. *et al.* Padrões biogeográficos, β -diversidade e dominância no bioma cerrado do Brasil. **Biodiversidade e Conservação**, [s.l.], v. 13, p. 2295-2317, 2004.

CÂNDIDO, G. A. *et al.* Avaliação da sustentabilidade de unidades de produção agroecológicas: um estudo comparativo dos métodos IDEA e MESMIS. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, SP, v.18, 99-120, 2015.

CARDOSO, E. J. B. N. *et al.* Soil health: looking for suitable indicators. What should be considered to assess the effects of use and management on soil health. **Scientia Agricola**, São Paulo, SP, v. 70, p. 274-289, 2013.

CASARIN, R. D. **Controle de erosão em estradas rurais não pavimentadas, utilizando sistema de terraceamento com gradiente associado a bacia de captação**. 2008. 89 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2008.

ELACHI, C.; ZYL, J. J. V. **Introduction to the physics and techniques of remote sensing**. [s. l.]: John Wiley & Sons, 2021.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Publicações e bibliotecas**: busca de publicações. Brasília, DF: Embrapa, 2008. Disponível em: <https://www.embrapa.br/publicacoes-e-bibliotecas>. Acesso em: 30 abr. 2023.

FERREIRA, R. A. *et al.* Semeadura direta com espécies florestais na implantação de mata ciliar no Baixo São Francisco em Sergipe. **Scientia Forestalis**, [s. l.], v.37, n.81, p.37-46, 2009.

FORZZA, R. C. *et al.* **Catálogo de plantas e fungos do Brasil**. Rio de Janeiro: JBRJ, 2010. v. 2. 830p. DOI: <https://doi.org/10.7476/9788560035090>.

GAIO, Daniel *et al.* Agrotóxicos: impactos socioambientais e regulação. *In*: CONGRESSO MINEIRO DE DIREITO AMBIENTAL, 3., 2019, Belo Horizonte. **Anais** [...] Belo Horizonte: Initia Via, 2019.

GANDARA, Flávio Bertin. KAGEYAMA, Paulo Yoshio. Restauração e conservação de ecossistemas florestais. *In*: CULLEN JR, Laury; RUDRAN, Rudy; VALLADARES, Cláudio (org.). **Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre**, Curitiba: UFPR, 2004. p. 383-394.

GUERRA, A. J. T., *et al.* The geomorphology of Angra dos Reis and Paraty municipalities, southern Rio de Janeiro state. **Revista Geonorte**, [s. l.], v. 4, n. 13, p. 1–21, 2013. Disponível em: <https://periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/1141>. Acesso em: 13 abr. 2024.

GUERRA, A. J. T; JORGE, M. do C. O.(org.). **Degradação dos solos no Brasil**. Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil, 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS – IBAMA, **Instrução Normativa nº 4 de 13 de Abril de 2011**. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/IBAMA/IN0004-130411.PDF>. Acesso em: 15 maio 2022.

KAGEYAMA, P. Y.; GANDARA, F. B. Recuperação de áreas ciliares. *In*: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. (Eds.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: EDUSP/FAPESP, 2004. p.249-269.

LIMA, V. Análise da qualidade ambiental urbana: o exemplo de Osvaldo Cruz/SP. **Geografia em Questão**, [s. l.], v. 7, n. 2, 2014.

LORENZZETTI, J. A. **Princípios físicos de sensoriamento remoto**. São Paulo: Editora Blucher, 2015. 292p.

MARTINS, S. V. *et al.* Sucessão ecológica: fundamentos e aplicações na restauração de ecossistemas florestais. *In*: MARTINS, S.V. **Ecologia de florestas tropicais do Brasil**, Viçosa: Editora UFV, 2012. p. 21-52.

MARTINS, S. V. **Recuperação de áreas degradadas: ações em áreas de preservação permanente, voçorocas, taludes rodoviários e de mineração**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2009.

MEDEIROS, J. de D. **Guia de campo: vegetação do Cerrado 500 espécies**. Brasília: MMA/SBF, 2011. 532p.

MELLONI, R. *et al.* Avaliação da qualidade de solos sob diferentes coberturas florestais e de pastagem no sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 2461-2470, 2008.

MENEZES, P. R.; ALMEIDA, T (org.). **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Brasília : UNB, 2012. 276p.

MINAS GERAIS. Gabinete Militar do Governador. Coordenadoria Estadual de Defesa Civil. **Plano de Convivência com a Seca em Minas Gerais**. Belo Horizonte: Cedec, 2015. 84p.

NASCIMENTO, H. E. M.; LAURANCE, W. F. Efeitos de área e de borda sobre a estrutura florestal em fragmentos de floresta de terra-firme após 13- 17 anos de isolamento. **Acta amazônica**, Manaus, v. 36, n. 2, p. 183-192, 2006.

NERI, A. V. *et al.* Espécies de Cerrado com potencial para recuperação de áreas degradadas por mineração de ouro, Paracatu-MG. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.35, n.4, p. 907-918, 2011.

PAVANELLI, J. A. P.; SANTOS, E. M. G. Assessing the dynamic of structural changes in Cerrado vegetation of protected and non-protected areas using NDVI. **International Journal of Advanced Remote Sensing and GIS**, [s.l.], v.3, n.1, p. 553-568, 2014.

PINTO, M.M. Recuperação de áreas degradadas (Apostila). Goiânia: **CREA/GO**, 2006. 51p.

RATTER, J. A.; BRIDGWATER, S.; RIBEIRO, J. F. Analysis of the floristic composition of the brazilian cerrado vegetation III: Comparison of the woody vegetation of 376 areas. **Edinburgh Journal of Botany**, [s.l.], v.60, n.1, p.57-109, 2003.

REZENDE, F. S. D. E. *et al.* Análise espaço-temporal da expansão da silvicultura em áreas de topos de morros na região do Vale do Paraíba Paulista/SP. *In*: SIMPÓSIO

INTERNACIONAL DE ÁGUAS, SOLOS E GEOTECNOLOGIAS-SASGEO,1., 2015, Uberaba. **Anais** [...] Uberaba: UFTM, 2015. Disponível em:<http://www.sasgeo.eco.br/index.php/2015/cred/paper/viewFile/166/6>. Acesso em:15 maio 2022.

RIBEIRO, J. F; FONSECA, E. L; SILVA, J. C. S. **Cerrado**: caracterização e recuperação de Matas de Galeria. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001. 899 p.

RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. Conceitos, tendências e ações para a recuperação de florestas ciliares. **Matas ciliares: conservação e recuperação**, São Paulo: EDUSP/FAPESP, 2000.

SAWYER, D. *et al.* **Perfil do Ecossistema**: Hotspot de biodiversidade do cerrado. Brasília, DF: Supernova, 2018. 80p.

SCHMITT, T. *et al.* Análise fitossociológica para a recuperação de áreas degradadas utilizando espécies de cerrado. **Global Science & Technology**, Tocantins, v. 11, n. 2, p.65-77, 2018.

SCHOWENGERDT, R. A. Preface to the Third Edition.*In*: SCHOWENGERDT, R. A. **Remote Sensing**. 3.ed. Arizona: Elsevier, 2007. p. 37-38.

SILVA, K. A. *et al.* Analysis of vegetation dynamics using the normalized difference vegetation index (NDVI) at the archipelago of Fernando de Noronha, Pernambuco, Brazil. **Interações**, Campo Grande, v. 21, n.4, p. 895-901, 2020.

SIMONETT, D. S.; ULABY, F.T (ed.). Manual of Remote Sensing. **American Society of Photogrammetry**, Falls Church, VA, v.1, 2.ed.,1983,1232 p.

SLATER, P.N. **Remote sensing**: optics and optical systems. New York, NY: Addison-Wesley,1980. 575p.

SOUZA FILHO, C. R.; CRÓSTA, A. P. Geotecnologias aplicadas à Geologia. **Revista Brasileira de Geociências**, Campinas, v. 33, n. 2, p. 1-4, 2003.

SOUZA, M. N. **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Canoas: Mérida Publishers, 2021.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology**. Porto Alegre: Editora Artemed, 2013.

TANAKA, M. O. *et al.* Influence of watershed land use and riparian characteristics on biological indicators of stream water quality in southeastern Brazil. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, [s.l.], v. 216, p. 333-339, 2016.

TYAGI, S.; GARG, N.; PAUDEL, R. Environmental degradation: Causes and consequences. **European researcher**, [s.l.], v. 81, n. 8-2, p. 1491, 2014.

VAEZA, R. F. *et al.* Uso e ocupação do solo em bacia hidrográfica urbana a partir de imagens orbitais de alta resolução. **Floresta e Ambiente**, [s.l.], v. 17, n. 1, p. 23-29, 2010.

4 ARTIGOS

4.1 Artigo 1 - Análise da cobertura vegetal como indicadora de restauração de áreas degradadas no Cerrado

RESUMO

A avaliação do processo de desenvolvimento após a implementação de um projeto de recuperação pode ser conduzida utilizando-se tecnologias por meio do sensoriamento remoto. Esse método permite a obtenção de imagens que possibilitam a identificação de redução no processo erosivo, validando assim o sucesso das ações e a efetividade do emprego de técnicas de manejo e conservação do solo na recuperação das áreas degradadas. Neste sentido, este estudo objetivou avaliar a efetividade do uso de técnicas de manejo e conservação do solo e de revegetação, na recuperação de áreas degradadas no cerrado através da análise da cobertura vegetal por imagens de satélite. A área de estudo está localizada na região da bacia do alto Pacuí, especificamente na Fazenda Serra Velha-Traçadal, no município de Montes Claros, situado no estado de Minas Gerais. Para a realização da análise da cobertura vegetal, foi utilizado o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), o qual foi calculado a partir de imagens capturadas do programa Copernicus, que estão disponíveis a bordo do satélite Sentinel 2A. As imagens foram adquiridas através do site dataspace.copernicus.eu/browser. Este índice é um indicador sensível da presença de vegetação, exibindo valores que variam de -1 a +1. Para áreas com vegetação visível, os valores indicados estarão dentro da escala de 0 a 1. As imagens utilizadas para análise abrangem o período de 06/07/2018, 25/07/2020 e 10/07/2023. Os dados foram processados utilizando o software QGIS versão 3.22. A obtenção do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) foi realizada utilizando-se as bandas 4 (vermelho) e 8 (infravermelho próximo) por meio do aplicativo Raster Calculator, para cada unidade amostral. A análise proposta neste estudo teve como objetivo comparar os índices de vegetação com a imagem classificada dos anos de 2018, 2020 e 2023. Entre 2020 e 2023, as áreas RAD 3 e RAD 4 registraram um aumento de 63,9% na cobertura vegetal com NDVI superior a 0,20, enquanto as áreas RAD 2 e RAD 5 apresentaram um incremento médio de 43,47% na cobertura vegetal com NDVI entre 0,15 e 0,20. Pode-se inferir, portanto, que tais técnicas foram eficientes nesse processo. Além disso, o uso do NDVI como ferramenta para o processamento de imagens de satélite revelou-se altamente eficiente e preciso na identificação tanto da cobertura vegetal quanto da biomassa fotossintética.

Palavras-chave: Regeneração; índice de vegetação; geoprocessamento.

ABSTRACT

The assessment of development progress after the implementation of a restoration project can be conducted using formal scientific language through remote sensing. This method enables the acquisition of images that facilitate the identification of reduction in erosive processes, thus validating the success of actions and the effectiveness of employing soil management and conservation techniques in the recovery of degraded areas. The objective of this study was to evaluate the effectiveness of using soil management, conservation techniques, and revegetation in the recovery of degraded areas in the cerrado through the analysis of vegetation cover using satellite imagery. The study area is located in the upper Pacuí basin region, specifically at Serra Velha-Traçadal Farm, in the municipality of Montes Claros, in the state of Minas Gerais. For the analysis of vegetation cover, the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) was used, which was calculated from images captured by the Copernicus program, available onboard the Sentinel 2A satellite. The images were acquired through the dataspace.copernicus.eu/browser website. This index is a sensitive indicator of vegetation presence, displaying values ranging from -1 to +1. For areas with visible vegetation, the indicated values will fall within the scale of 0 to 1. The images used for analysis cover the period from 06/07/2018, 25/07/2020, to 10/07/2023. The data were processed using QGIS software version 3.22. The Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) was obtained using bands 4 (red) and 8 (near infrared) through the Raster Calculator application for each sample unit. The analysis proposed in this study aimed to compare vegetation indices with classified imagery from the years 2018, 2020, and 2023. Between 2020 and 2023, RAD 3 and RAD 4 areas recorded a 63.9% increase in vegetation cover with NDVI greater than 0.20, while RAD 2 and RAD 5 areas showed an average increase of 43.47% in vegetation cover with NDVI between 0.15 and 0.20. It can be inferred, therefore, that such techniques were efficient in this process. Additionally, the use of NDVI as a tool for satellite image processing proved to be highly efficient and accurate in identifying both vegetation cover and photosynthetic biomass.

Keywords: Regeneration; vegetation index; geoprocessing.

1. INTRODUÇÃO

O bioma Cerrado abrange em torno de 25% do território brasileiro, equivalente a aproximadamente 2.045.000 km². Reconhecido como a savana com a maior diversidade do planeta, o Cerrado destaca-se por suas excelentes propriedades agrícolas. A região apresenta solos muito profundos, características físicas favoráveis, alta disponibilidade de água e facilidade de mecanização, fatores que impulsionaram significativamente a expansão das fronteiras agrícolas no Brasil (Oliveira, 2022). Destaca-se que o Cerrado é considerado o berço das águas do Brasil (Bandeira; Campos, 2018).

Os solos do Cerrado apresentam características típicas e exclusivas. Os latossolos predominam, ocupando aproximadamente 46% do bioma, seguidos pelos espodossolos e solos arenosos (areias quartzosas), que representam 15% cada um. Em geral, são solos profundos, azonados, de cor vermelha ou vermelho-amarelada, porosos, permeáveis, bem drenados e intensamente lixiviados (Silva, 2020; Santos *et al.*, 2018).

No entanto, com o aumento populacional foram adotadas práticas antrópicas mais intensivas no uso dos solos. A fragmentação florestal causada pela expansão agropecuária, desmatamentos, queimadas, urbanização e mineração: têm como consequências significativas, a erosão dos solos, o assoreamento dos cursos d'água e a degradação de nascentes. Por se tratarem de práticas não sustentáveis de uso dos recursos naturais, tais atividades modificaram a paisagem ao longo do tempo e interferiram nas interações ecológicas, nos processos hídricos e nos solos dos ecossistemas nativos (Moreira, 2020; Lima *et al.*, 2018; Carnevali *et al.*, 2016).

Especialmente no Norte de Minas Gerais, grandes extensões de áreas degradadas resultado do mau uso do solo e das bacias hidrográficas, fenômeno similar ao observado em outras regiões do país (Silva, 2020; Moreira *et al.*, 2020). Isso resulta na redução dos recursos hídricos da bacia e no desabastecimento de regiões inteiras que dependem da água, tanto em quantidade quanto em qualidade, para consumo humano e atividades agroindustriais (Nascimento *et al.*, 2006; Tanaka *et al.*, 2016; Tyagi *et al.*, 2014).

As diferentes formas de degradação do solo incluem o escoamento superficial e subsuperficial. O principal causador da degradação é o escoamento superficial, que envolve a remoção e deslocamento das partículas do solo pela água e vento. Isso ocorre principalmente devido à falta de práticas conservacionistas, que resulta em perdas excessivas de solo durante chuvas intensas. Esse processo causa a diminuição de nutrientes no topo do solo, o assoreamento de corpos d'água e a poluição nos locais onde os sedimentos são depositados (Guerra *et al.*, 2013).

A análise do processo de desenvolvimento pós-implementação de um projeto de recuperação de uma área degradada. Nesse contexto, a avaliação desse processo deve ser realizada por meio de indicadores de recuperação, que são determinados pelas metas e objetivos estabelecidos para o projeto. É por meio desses indicadores que se torna possível definir se o projeto requer novas intervenções, com o objetivo de acelerar o processo de sucessão e restauração das funções do ecossistema (Bellotto *et al.*, 2007).

Para a avaliação do sucesso das ações e eficácia das técnicas de manejo e conservação do solo na restauração de áreas degradadas no Cerrado, é necessário contar com recursos que possibilitem tais análises. Nesse sentido, o sensoriamento remoto torna-se fundamental, especialmente quando há uma grande quantidade de terras a serem monitoradas (Rocha, 2002). Isso se deve à variedade de sensores disponíveis e ao aprimoramento das resoluções espaciais, temporais e espectrais, o que permite obter dados detalhados sobre a superfície terrestre e os fenômenos nela ocorrentes (Baca, 2002).

Considerando que diferentes históricos de perturbação e estados de conservação tornam cada remanescente único em termos de riqueza e estrutura, a análise da flora e a comparação com o ecossistema de referência são essenciais para entender a biodiversidade e as interações ecológicas em diferentes ambientes. Essa abordagem também permite avaliar o impacto das perturbações e das práticas de conservação nas comunidades vegetais. É fundamental considerar tanto os aspectos históricos quanto os contemporâneos para obter uma visão completa da dinâmica desses remanescentes e sua relação com o ambiente circundante.

Dessa forma, o presente trabalho objetivou avaliar a efetividade do uso de diferentes técnicas de manejo e conservação do solo e de revegetação na

recuperação de áreas degradadas no Cerrado através da análise da cobertura vegetal por imagens de satélite.

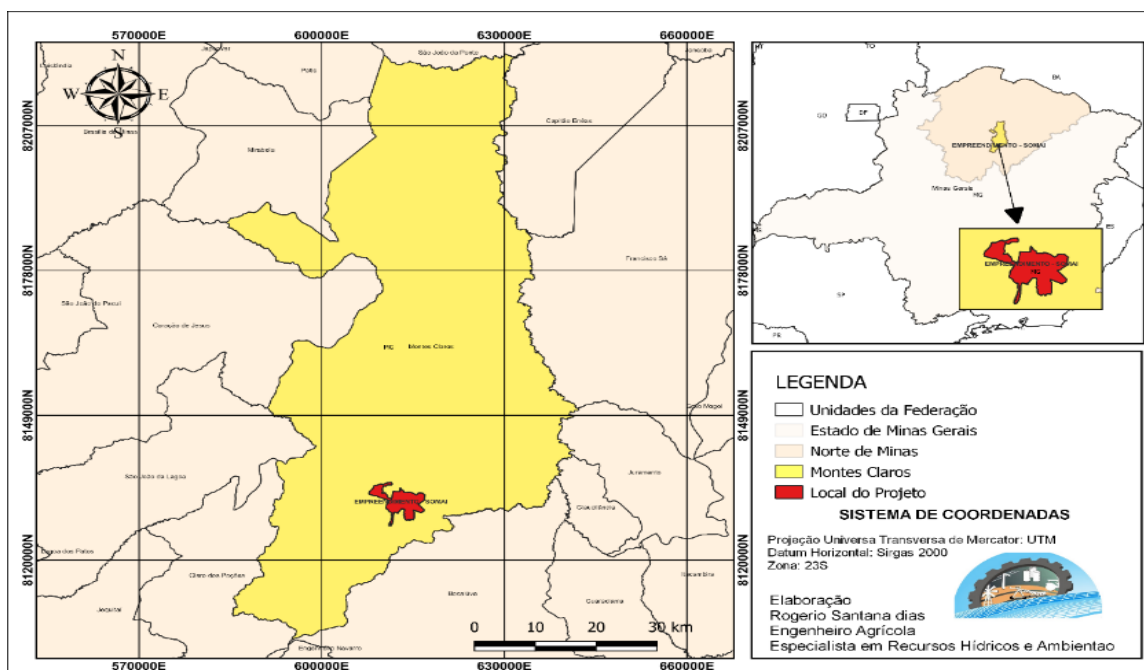
2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Descrição da área de estudo

A área de estudo situa-se na região da bacia do Alto Rio Pacuí, na Fazenda Serra Velha-Traçadal, próxima à BR 365, km 14, no sentido Pirapora-MG, na zona rural do município de Montes Claros, estado de Minas Gerais (FIGURA 1). A elevação média é de 646 metros acima do nível do mar, com coordenadas geográficas de 16°44'13" S de latitude e 43°51'53" O de longitude. De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é Aw, caracterizado como tropical, com inverno seco (Montes Claros, 2019; Reboita *et al.*, 2015), este clima apresenta estação chuvosa no verão, ocorrendo de novembro a abril, enquanto a estação seca se estende de maio a outubro, sendo julho o mês mais seco (Moreira, *et al.*, 2020; EMBRAPA, 2018; Alvares *et al.*, 2013). Segundo dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), a temperatura média anual foi de 23,18°C, e a precipitação média anual atingiu 873,68 mm no período de 2018 a 2023. A Fazenda Serra Velha-Traçadal apresenta uma altitude média de 998 metros.

Montes Claros está situada na Bacia do Alto Médio São Francisco, ao Norte do Estado de Minas Gerais, sendo o segundo município com maior área na referida bacia e o principal centro urbano do norte do Estado (IBGE, 2022). A bacia do rio Pacuí está inserida na Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos - UPGRH SF6, que conta ainda com a bacia do rio Jequitai e as bacias de rios que fluem diretamente para o rio São Francisco. A bacia possui uma área de cerca de 3.920 km², o que corresponde a, aproximadamente, 0,7% da área total do Estado de Minas Gerais.

Figura 1 - Mapa de localização - Fazenda Serra Velha-Traçadal



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

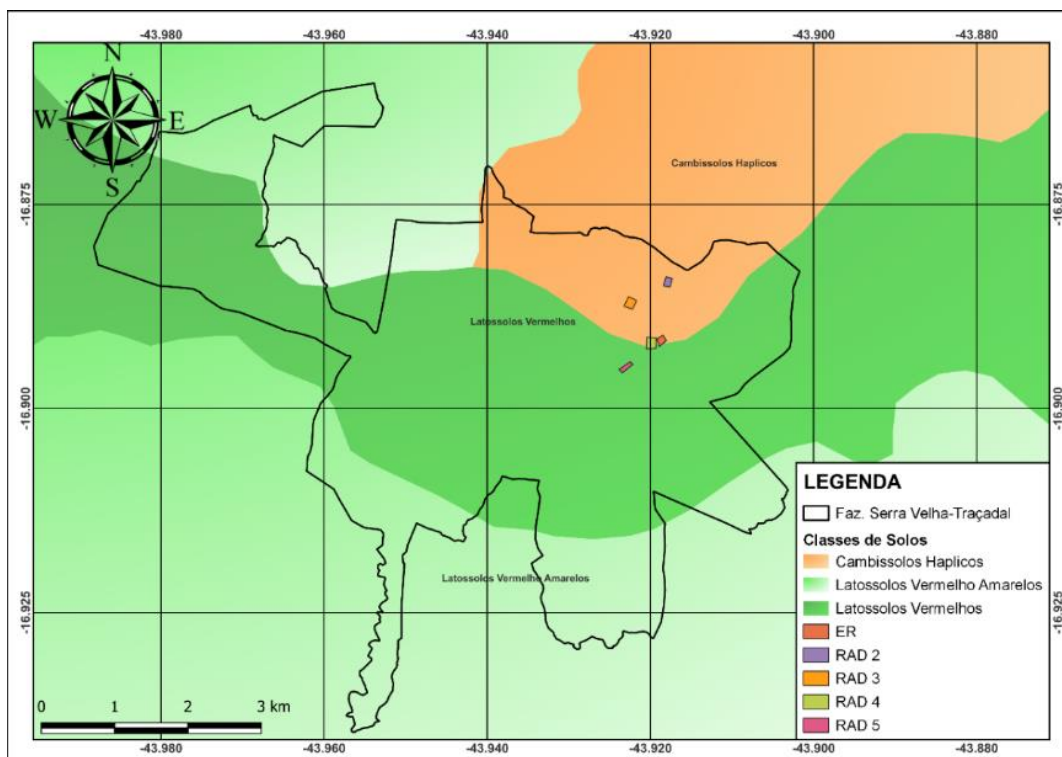
A formação vegetal predominante na área de estudo está situada nos domínios de Cerrado, constituindo um complexo vegetacional com diferentes fitofisionomias. Isso se manifesta principalmente na composição de espécies, na abundância e no porte dos indivíduos (Santos *et al.*, 2007).

A Figura 2 ilustra as classes de solos presentes na área de estudo e suas respectivas descrições. Conforme o Zoneamento Ecológico Econômico de Minas Gerais (ZEE/MG), a maior parte dos solos na região do empreendimento apresenta um alto potencial de vulnerabilidade (Scolforo; Carvalho; Oliveira, *et al.*, 2008; ZEE-MG, 2008).

A geologia de uma determinada região caracteriza-se pela configuração dos materiais de substrato, representados pelas rochas preservadas ou em diferentes graus de alteração, com suas respectivas propriedades químico/mineralógicas e a organização estrutural das mesmas, incluindo os sistemas de falhas e fraturas.

Os tipos de solo identificados na área de estudo incluem Cambissolos Háplicos (CbH), Latossolos Vermelhos (LV) e Latossolos Vermelho-Amarelos (LVA) (PRAD, 2018).

Figura 2 - Mapa de solo - fazenda Serra Velha-Traçadal



Legenda: Er (Ecossistema de Referência); RAD (Recuperação de Área Degradada).

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Ao longo dos anos a Empresa adquiriu áreas adjacentes, que já possuíam vários níveis de degradação, dessa forma foi necessário realizar a restauração e recuperação dessas áreas, atendendo as condicionantes exigidas por órgãos ambientais como parte do processo para adequação ao licenciamento ambiental da Empresa. Com o propósito de identificar, caracterizar e avaliar a cobertura do solo, conduziu-se um estudo "in loco" para investigar as condições de degradação. Foram selecionados cinco estratos principais, com área de 1,0 há cada. Área total de 5,0 ha. dentro da fazenda Serra Velha-Traçadal, cada uma com manejo diferenciado:

- a. ER: Estabelecido como uma referência local para avaliações subsequentes, comparando seu estado de degradação ou processo de recuperação. Suas coordenadas geográficas são latitude $16^{\circ}53'30.41''S$ e longitude $43^{\circ}55'8.59''O$. Este ecossistema é caracterizado por vegetação secundária que representa o estado de preservação local (FIGURA 3a). A área possui uma declividade de 4° (ver FIGURA 4). Quanto às características do solo, apresenta acidez

média com deficiências significativas em vários nutrientes essenciais, incluindo fósforo, potássio, cálcio e magnésio (TABELA 3);

- b. RAD2: Coordenadas geográficas: latitude 16°55'14.71"S e longitude 43°55'10.71"O. A área apresenta uma declividade de 8° (FIGURA 4). O solo encontra-se parcialmente exposto, com presença de vegetação herbácea, arbustiva e arbórea dispersa, sendo parcialmente cercado por plantação de eucalipto a leste, enquanto a vegetação nativa encontra-se em estágio intermediário de regeneração a oeste da RAD (FIGURA 3b). Para promover sua recuperação, foram implementadas medidas como cercamento para proteção contra pisoteio de animais, construção de bacias de contenção e terraços para redução da erosão do solo, além da promoção da regeneração natural e plantio de mudas. O solo dessa área demonstra alta acidez com baixos teores de fósforo, cálcio e magnésio (TABELA 3);
- c. RAD3: Coordenadas geográficas: latitude 16°53'13.87"S e longitude 43°55'18.86"O, com uma declividade de 4° (FIGURA 4). Esta área é circundada por plantação de eucalipto ao leste e apresenta vegetação nativa secundária em estágios intermediário e tardio de regeneração na parte inferior. O solo encontra-se amplamente exposto, com presença de herbáceas, arbustos e árvores espaçados (FIGURA 3c). As ações de recuperação implementadas incluíram o cercamento da área, plantio de mudas e construção de bacias de contenção para mitigar a erosão do solo e facilitar a regeneração natural. O solo dessa área apresenta acidez média e deficiência em nutrientes essenciais como potássio, cálcio e magnésio;
- d. RAD4: Coordenadas geográficas: latitude 16°53'30.97"S e longitude 43°55'9.64"O, com uma declividade de 8° (FIGURA 4). Esta área consiste em uma pastagem degradada, onde o solo está amplamente exposto e há uma distribuição esparsa e heterogênea de herbáceas, arbustos e árvores. Foram identificados pontos de erosão devido à ausência de cobertura vegetal, além de voçorocas em estágio avançado de degradação. Há ocorrência de árvores adultas e jovens em boa densidade, indicando processos de regeneração natural. Uma

pequena porção da área faz interseção com uma plantação de eucalipto (apenas 3% do perímetro total) a leste, enquanto a maior parte está cercada por vegetação nativa secundária em estágio tardio de regeneração (FIGURAS 3d). Assim como nas RAD 2 e RAD 3, as estratégias de recuperação adotadas nesta área incluem cercamento e adensamento vegetal (plantio de mudas). O solo da RAD4 apresenta acidez moderada, assim como nas outras áreas de recuperação, com deficiências significativas em nutrientes essenciais, especialmente fósforo, cálcio e magnésio, além de uma alta concentração de alumínio (TABELA 3);

- e. RAD 5: Coordenadas geográficas: latitude 16°53'40.63"S e longitude 43°55'20.13"O, com uma declividade de 4° (FIGURA 4). Esta área apresenta solo fortemente exposto, sem a presença de herbáceos, arbustos e árvores distribuídos de forma espaçada e heterogênea (FIGURA 3e). Para promover a recuperação, optou-se pela regeneração natural através de técnicas de adensamento vegetal e pela construção de cercas para isolamento de animais, permitindo assim acelerar o processo de regeneração natural. O solo da RAD 5 possui acidez moderada, com deficiências significativas em nutrientes essenciais, especialmente fósforo, cálcio e magnésio, e uma alta concentração de alumínio (TABELA 3).

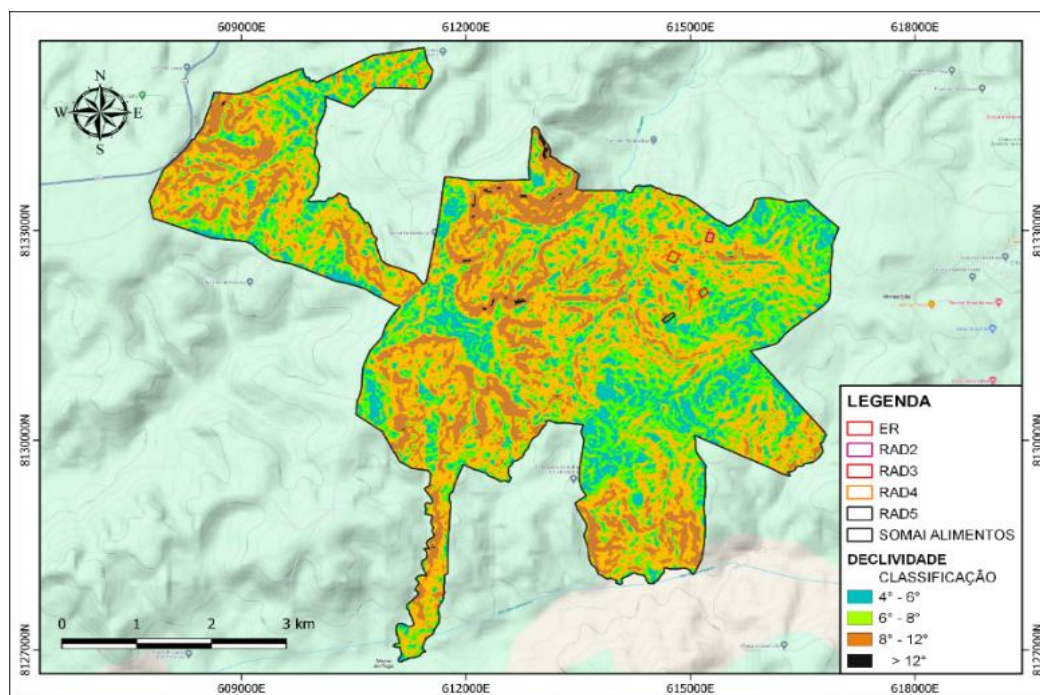
Figura 3 – Imagens de **a**(Ecosistema de referência) **b, c, d, e** após intervenções - Fazenda serra Velha - Traçadal



Legenda: [a] Ecosistema de referência (ER); [b] Recuperação de área degradada (RAD2); [c] Recuperação de área degradada (RAD3); [d] Recuperação de área degradada (RAD 4); [e] Recuperação de área degradada (RAD 5).

Fonte: Do autor, 2024.

Figura 4 – Declividades na Fazenda Serra Velha-Traçadal



Legenda: ER- Ecosistema de Referência; RAD – Recuperação de área degradada. **Fonte:** Do autor, 2023.

2.2 Coleta e Amostra de Solo

As amostras de solo foram coletadas na camada superficial de 0-20 cm em cinco pontos (centro e nos quatro vértices) de cada parcela das áreas de estudo. Foi constituída uma amostra composta para cada uma das 4 subáreas e para o Ecossistema de Referência. Após a coleta, as amostras foram encaminhadas para análises físicas e químicas no Laboratório de Análise de Solos ICA/UFMG. A partir dos resultados obtidos, foram selecionados os parâmetros relevantes para os objetivos do estudo (Freire *et al.*, 2020). Os parâmetros físicos (percentagem de areia, argila e silte) e os seguintes parâmetros químicos foram comparados: pH, P remanescente, K⁺, Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Al³⁺, H+Al, SB (Soma de Bases), t (Capacidade de troca de cátions total), V% (Saturação por Bases) e MO (Matéria Orgânica).

2.3 Dados espaciais

Foram analisadas imagens no período de 2018 a 2023, a metodologia utilizada foi semelhante à usada por Melo (2019) com algumas modificações.

As imagens foram extraídas do programa Copernicus de observação da Terra da União Europeia implementado em parceria com os Estados-Membros, a Agência Espacial Europeia (ESA), a Organização Europeia para a Exploração de Satélites Meteorológicos (EUMETSAT), o Centro Europeu de Previsões Meteorológicas a Médio Prazo (ECMWF), Agências da UE e Mercator Oceano Internacional.

Os Sentinel-2A e 2B formam uma missão imageadora multispectral do Programa GMES (Global Monitoring for Environment and Security) conjuntamente administrada pela Comunidade Europeia e a ESA, para observação da Terra, realizando coleta de dados sobre a vegetação, solos e humidade, rios e áreas costeiras, e dados para correção atmosférica (absorção e distorção) em alta resolução (10 m), e com alta capacidade de revisita (5 dias), para garantir a continuidade dos dados fornecidos pelo SPOT 5 e Landsat 7. As imagens foram baixadas do satélite Sentinel-2, lançado em 23 de junho de 2015, foi projetado para fornecer imagens ópticas de alta resolução para serviços terrestres (Lopes *et.al*, 2009). A largura de faixa imageada de 290 km, o que permite uma cobertura

abrangente da superfície terrestre, no equador, o Sentinel-2 revisita uma área a cada 10 dias com um único satélite e a cada 5 dias com os dois satélites, desde que as condições estejam sem nuvens. Em latitudes médias, esse tempo de revisita é de 2 a 3 dias. Imagens de Refletância de Superfície (SR) do Sentinel-2 fornece imagens corrigidas atmosféricamente, derivadas dos produtos de Nível 1C associados. Essas imagens são valiosas para monitorar mudanças na vegetação, cobertura do solo, água, vias navegáveis interiores e zonas costeiras, a correção atmosférica das imagens do Sentinel-2 inclui a compensação da dispersão das moléculas de ar (espalhamento Rayleigh), dos efeitos de absorção e dispersão dos gases atmosféricos (como ozônio, oxigênio e vapor de água) e a correção devido às partículas de aerossol. Podem ser extraídas do site <https://dataspace.copernicus.eu/explore-data/data-collections/sentinel-data/sentinel-2>.

Tabela 1 - Características do Sensor Sentinel-2 utilizadas neste estudo

Resolução	Nº da Banda	Nome da Banda	Comprimento de Onda Central (Nanometro)	Combinações de bandas
10 m	B2	Azul	490	Cor Verdadeira
	B3	Verde	560	RGB 04/03/02
	B4	Vermelho	665	Falsa Cor 1 e 2
	B8	Infravermelho Próximo	842	RGB 08/04/02 e 04/08/03

Fonte: Engesat, 2015.

Imagens obtidas a bordo do satélite SENTINEL 2A, oriundas do acervo do INPE (Intituto Nacional de Pesquisas espaciais) com intervalo de aproximadamente um ano entre cenas, as quais foram obtidas para as seguintes datas: 06/07/2018, 25/07/2020 e 10/07/2023. O processamento das imagens foi feito utilizando-se o software QGIS versão 3.22 Biatowieza. As imagens foram inicialmente reprojctadas para as coordenadas do Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas de 2000 (SIRGAS 2000), o sistema de referência atualmente adotado no Brasil. Esse processo de reprojeção é realizado por meio de um algoritmo que ajusta as geometrias das camadas raster para o novo sistema de coordenadas. Posteriormente, os recortes foram executados utilizando a função de extração

disponível na barra de ferramentas Raster. Essa função permite recortar as imagens com base em uma camada de máscara predefinida, garantindo a precisão e a exatidão espacial das áreas de interesse.

A cobertura vegetal das áreas em estudo foi calculada por meio de índices de vegetação, com destaque para o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) é um índice simples, mas eficaz para quantificar a vegetação verde. É uma medida do estado de saúde da vegetação com base em como as plantas refletem a luz em determinados comprimentos de onda, considerando as diferenças espectrais entre a Banda 4, vermelho (RED) e a Banda 8, infravermelho próximo (NIR), isto para o Satélite Sentinel 2^a, O satélite CBERS 4^aA, utiliza a Banda 3 Vermelho e Banda 4 infravermelho próximo para o cálculo do NDVI.

Em seguida, calculou-se o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) para cada período, conforme equação 1.

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED) \quad (1)$$

em que: NIR e RED são os valores de resposta espectral considerando as faixas do e vermelho e infravermelho.

Extraímos os valores do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) de cada pixel dentro dos polígonos que representam as áreas de estudo. Em seguida, analisamos a distribuição desses valores ao longo dos anos. Foram, classificadas 4 (quatro) classes para representação deste resultados.

Tabela 2 – Representação dos resultados de cobertura do solo, na área de estudo

Classes	Condição	Cor	Intervalo
Classe I	Solo Exposto		-1 a 0,10
Classe II	Vegetação rala		0,10 a 0,155
Classe III	Vegetação espaçada		0,155 a 0,210
Classe IV	Vegetação mais densa		0,210 a 0,368

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

As informações produzidas foram validadas por meio de visitas "in loco". A classificação da vegetação seguiu a metodologia proposta por Ribeiro e Walter (1998). Em cada fitofisionomia presente na área de estudo, pontos foram coletados utilizando um aparelho de GPS de navegação. As classes para o NDVI foram obtidas considerando o método de interpolação linear com modo de definição das classes em intervalo igual para a distribuição dos valores da escala de cores.

2.4 Dados Climatológicos

Os dados de temperatura média mensal e precipitação acumulada mensal foram obtidos do portal do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para o período de julho de 2018 a julho de 2023. As precipitações foram acumuladas anualmente até a data de obtenção de cada imagem de satélite. A precipitação acumulada nos últimos doze meses foi de 755,52 mm, 705,0 mm, 909,6 mm, 664,45 mm, 939,15 mm e 1268,2 mm para os períodos de julho de 2018, julho de 2019, julho de 2020, julho de 2021, julho de 2022 e julho de 2023, respectivamente. A precipitação acumulada nos últimos três meses foi de 51,21 mm, 47,0 mm, 71,8 mm, 133,14 mm, 67,0 mm e 376,20 mm para os mesmos períodos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As condições do solo desempenham papel fundamental no desenvolvimento do sistema radicular das plantas. Observou-se que o pH em água variou de 4,3 a 5,8 entre as amostras, com a RAD 2 apresentando o pH mais baixo, de 4,3. Os níveis de fósforo remanescente variaram de 25,5 a 32,8 mg/L, sendo a amostra RAD 5 a que mostrou o menor teor. O potássio (K) manteve-se constante em todas as amostras (21,4 mg/dm³), essencial para a saúde das plantas. O cálcio (Ca) variou de 0,32 a 1 cmolc/dm³, fundamental para a estrutura do solo e absorção de nutrientes pelas plantas, com a RAD 3 apresentando o maior teor de cálcio (1 cmolc/dm³). O magnésio (Mg) mostrou variação, com valores relativamente baixos, sendo a RAD 3 a amostra com maior teor (0,31 cmolc/dm³), importante para fotossíntese e formação de clorofila. O alumínio (Al) aumentou nas amostras RAD 2 e RAD 4, com a RAD 2 apresentando o maior teor de alumínio (2,21 cmolc/dm³), potencialmente tóxico para

as plantas. O hidrogênio mais alumínio (H+Al) também foi elevado na RAD 2 (6,24 cmolc/dm³), influenciando na acidez do solo. A saturação de bases (V%) foi a menor na RAD 2 (8,31%), enquanto a RAD 3 mostrou a maior saturação (24,21%). A capacidade de troca de cátions (CTC) variou de 3,13 a 6,8 cmolc/dm³, com a RAD 5 apresentando a menor CTC. A RAD 4 apresentou a maior saturação de alumínio (79,6%). O teor de carbono orgânico e matéria orgânica variou de 1,16 a 1,43 dag/kg e de 0,68 a 0,83 dag/kg, com a RAD 5 apresentando o maior teor de carbono orgânico (1,43 dag/kg), indicando maior quantidade de matéria orgânica disponível no solo. Quanto à composição granulométrica, a RAD 3 apresentou a maior proporção de silte (60,99%), enquanto o Ecossistema de Referência (ER) teve a maior proporção de areia total (73%)

Tabela 1 – Resultados de análises de solo das subáreas de estudo (Ecossistema de Referência, RAD2, RAD3, RAD4 e RAD5)

ATRIBUTOS DO SOLO	UNIDADES	ER	RAD 5	RAD4	RAD3	RAD 2
pH em água	acidez	5,7	5,8	5,6	5,6	4,3
P Mehlich	mg dm ⁻³	0,5	0,1	0,5	0,2	0,1
P remanescente	mg L ⁻¹	32,8	26,5	25,5	27,4	25,5
K	mg dm ⁻³	21,4	21,4	21,4	21,4	21,4
Ca	cmolc dm ⁻³	0,34	0,32	0,45	1	0,37
Mg	cmolc dm ⁻³	0,14	0,14	0,15	0,31	0,14
Al	cmolc dm ⁻³	0,63	1,7	2,06	1,92	2,21
H + Al	cmolc dm ⁻³	2,59	3,46	3,2	4,27	6,24
SB	cmolc dm ⁻³	0,53	0,51	0,65	1,36	0,56
t	cmolc dm ⁻³	1,16	2,21	2,71	3,28	2,77
m	%	54,1	76,8	75,9	58,4	79,6
T	cmolc dm ⁻³	3,13	3,98	3,86	5,64	6,8
V	%	17,1	12,45	16,98	24,21	8,31
Carbono Org.	dag kg ⁻¹	1,3	1,43	1,3	1,43	1,16
Mat. Org.	dag kg ⁻¹	0,75	0,83	0,75	0,83	0,68
Areia total	dag kg ⁻¹	73	23,58	3,14	25,29	13,77
Silte	dag kg ⁻¹	12,46	52,4	72,09	53,36	60,99
Argila	dag kg ⁻¹	14,54	24,02	24,72	21,34	25,24

Legenda: pH em água(mede acidez ativa); PMehlich(fosforo disponível); Prem(fosforo remanescente); k(potássio); Ca(Cálcio); Mg(magnésio); Al(Aluminio); H+AL(acidez total); SB(soma de base trcaveis); t(capacidade de troca catiônica efetiva); T(capacidade de troca catiônica total);

m(saturação por alumínio)/V(saturação por base); CO(carbono orgânico); MO(Materia orgânica); a(Areia); S(silte) e AG(argila). **Fonte:** Elaborado pelo autor, 2023.

Logo, o pH em água varia entre as áreas de estudo, sendo ligeiramente mais baixo no solo do Cerrado, mas todos os valores estão dentro da faixa adequada para a maioria das culturas. Os teores de fósforo (P) e potássio (K) são comparáveis entre as áreas de estudo e o Cerrado. O cálcio (Ca) apresenta valores mais elevados no solo do Cerrado, enquanto o magnésio (Mg) é semelhante em ambas as regiões. Os níveis de alumínio (Al) e hidrogênio mais alumínio (H + Al) são mais altos no solo do Cerrado, refletindo em uma Capacidade de Troca de Cátions (CTC) maior, indicando maior capacidade de retenção de nutrientes. O teor de matéria orgânica (Carbono Orgânico) é semelhante em ambas as áreas. O solo do Cerrado possui maior proporção de areia e silte, com teor de argila comparável.

Portanto, esses resultados indicam que o solo do Cerrado possui características específicas, como maior CTC, teores elevados de cálcio e alumínio. Essas diferenças podem influenciar significativamente o manejo agrícola e a escolha das culturas mais adequadas. Portanto, é fundamental considerar esses fatores ao planejar práticas de reabilitação, recuperação e restauração de uma área degradada.

Estudos preliminares, baseados na análise das bandas espectrais obtidas do satélite SENTINEL 2A considerando os anos de 2018, 2020 e 2023, já indicam uma alteração na cobertura do solo em todas as áreas examinadas (FIGURA 5). Além disso, constatou-se que as áreas vegetadas apresentam valores do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) no intervalo de 0,150 a 0,368, enquanto os solos sem vegetação possuem valores próximos de zero, sendo o menor valor encontrado de 0,032 e 0,09. Os maiores valores digitais ocorrem das extremidades em direção ao interior das áreas.

Na análise das imagens (FIGURA 5), destacam-se as áreas RAD 3 e RAD 4 devido à evidente ocupação vegetal em seu interior. A área ER, local de vegetação nativa não degradada que serve de referência para as demais áreas, não apresenta variação significativa. Verificou-se que as classes III e IV representam um padrão de cobertura vegetal com os maiores valores numéricos digitais.

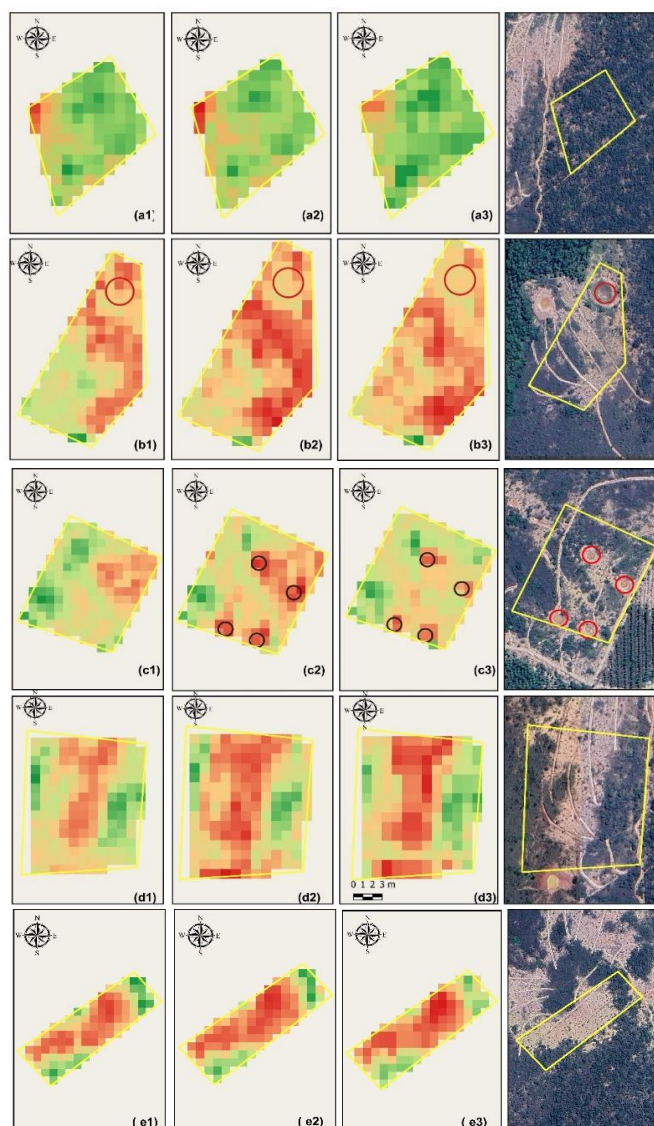
A variação na cobertura vegetal foi evidenciada pela análise das imagens geradas pelos valores do NDVI (FIGURA 5). Observa-se que os pixels de classe I

(coloração vermelho intenso) visualizados para o ano de 2020 foram substituídos por classe II (tons vermelhos de menor intensidade) e classes III e IV (tons de verde), indicando valores mais elevados de NDVI e, conseqüentemente, uma maior cobertura vegetal. Até mesmo a região do ER apresentou uma melhora considerável nos valores de NDVI.

Adicionalmente, observa-se uma aparente tendência de melhoria nos valores de NDVI da borda das áreas em recuperação para o interior destas. Isso indica que o processo de restauração tem ocorrido a partir das áreas adjacentes, que já se encontram em um estágio avançado de recuperação.

Para a área em processo de restauração RAD 3, houve diminuição na quantidade de pixels com NDVI menor que 0,20, indicando ocupação da área por vegetação. Já no terceiro ano após realização de ações de recuperação, houve colonização dos locais pela vegetação, processo este que continuou nos anos subsequentes, evidenciada pelo aumento médio da área com valores de NDVI acima 0,20.

Figura 5 - Índices de vegetação por diferença normalizada indicando a variação na cobertura do solo nos anos de 2018, 2020 e 2023



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Conforme mencionado por Lopes et al. (2009), valores de NDVI calculados com dados do satélite SPOT 4 entre 0,10 e 0,40 correspondem a áreas de vegetação de Campo rupestre, enquanto valores entre 0,0 e 0,2 correspondem a Campo Sujo seco, e valores entre 0,2 e 0,5 indicam a existência de vegetação herbácea, incluindo formações de Campo Limpo Úmido.

A análise dos dados revelou que a área de referência apresentou NDVI variando entre 0,152 e 0,368 ao longo do período estudado, valores compatíveis com as características do Cerrado Ralo. A identificação de pixels com NDVI superior a 0,2 em 2023 indica claramente um processo de recuperação florestal nas áreas

RAD 3 e RAD 4 e redução na quantidade de pixels com NDVI superior a 0,20 em 2020, possivelmente relacionada à baixa precipitação acumulada nos três meses anteriores ao período analisado. Isso foi observado tanto nas áreas em recuperação (RAD 2 e RAD 5) quanto na área de referência, onde o NDVI se manteve acima de 0,20 em todos os períodos estudados.

O maior acréscimo de áreas vegetadas nas regiões em processo de restauração ocorreu em 2023, coincidindo com a maior precipitação acumulada nos três meses anteriores ao período de análise. Braga *et al.* (2003) observaram que o NDVI é consideravelmente afetado pela precipitação dos dois meses anteriores, no caso do Cerrado. Estudos de Barbosa *et al.* (2015) e Santos *et al.* (2017) também ressaltam que a precipitação contribui significativamente para variações nos índices de vegetação em áreas semiáridas.

Esses resultados sublinham a importância das práticas de manejo do solo e da monitorização contínua para a restauração e manutenção da cobertura vegetal. As práticas de manejo implementadas nas áreas RAD 3 e RAD 4, aliadas às condições climáticas favoráveis, foram fundamentais para o sucesso da recuperação florestal nessas áreas. As áreas em processo de restauração RAD 3 e RAD 4 apresentaram o maior aumento da cobertura vegetal entre os anos de 2020 e 2023, com um incremento médio de 63,9% na área ocupada por pixels com NDVI superior a 0,20. Em ambos os casos, o manejo do solo com construção de bacias de contenção na RAD 3 e de terraços na RAD 4. As áreas RAD 2 e RAD 5 apresentaram um aumento médio de 43,47% na quantidade de pixels com NDVI acima de 0,15.

A tabela 4 apresenta variações significativas nas classes de uso do solo entre 2018, 2020 e 2023 em diferentes locais (ER, RAD 2, RAD 3, RAD 4 e RAD 5).

Tabela 4 – Variações de uso do solo por classe de NDVI

Local	Intervalos de classes	Período		
		2018 (%)	2020 (%)	2023 (%)
ER	Classe I	1,0	1,0	2,04
	Classe II	5,1	4,1	4,08
	Classe III	41,8	40,8	47,96
	Classe IV	52,0	54,1	45,92
RAD 2	Classe I	0,6	0,6	0,61
	Classe II	53,7	51,2	62,20
	Classe III	42,1	45,7	35,98
	Classe IV	3,7	2,4	1,22
RAD 3	Classe I	0,6	0,61	0,6
	Classe II	19,6	47,24	22,7
	Classe III	54,0	34,97	47,9
	Classe IV	25,8	17,18	28,8
RAD 4	Classe I	0,6	0,6	1,2
	Classe II	30,6	49,4	42,4
	Classe III	50,0	35,9	37,1
	Classe IV	18,8	14,1	19,4
RAD 5	Classe I	1,0	1,00	1,03
	Classe II	49,5	60,00	57,73
	Classe III	27,8	21,00	23,71
	Classe IV	21,6	18,00	17,53

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

ER, Classe I: Apresentou um aumento ligeiro, passando de 1,02% em 2018 para 1,0% em 2020 e depois para 2,04% em 2023; Classe II: diminuiu de 5,1% em 2018 para 4,1% em 2020 e posteriormente para 4,08% em 2023; A Classe III (vegetação espaçada) teve uma redução de 41,8% em 2018 para 40,8% em 2020, mas voltou a crescer, atingindo 47,96% em 2023 e a Classe IV (vegetação mais densa) aumentou de 52,0% em 2018 para 54,1% em 2020, mas depois diminuiu para 45,92% em 2023.

RAD 2, Classe I: Estável, com ligeiro aumento de 0,6% em 2018 e 2020 para 0,61% em 2023; Classe II: Diminuiu de 53,7% em 2018 para 51,2% em 2020, mas

aumentou significativamente para 62,20% em 2023; Classe III: Aumentou de 42,1% em 2018 para 45,7% em 2020, mas diminuiu para 35,98% em 2023; Classe IV: Diminuiu de 3,7% em 2018 para 2,4% em 2020 e depois para 1,22% em 2023.

RAD 3, Classe I: Permaneceu estável em torno de 0,6% ao longo dos anos; Classe II: Aumentou significativamente de 19,6% em 2018 para 47,24% em 2020, mas diminuiu para 22,7% em 2023; Classe III diminuiu de 54,0% em 2018 para 34,97% em 2020, mas aumentou para 47,9% em 2023; Classe IV (vegetação mais densa): Diminuiu de 25,8% em 2018 para 17,18% em 2020, mas aumentou para 28,8% em 2023.

RAD 4, Classe I: Estável, com aumento de 0,6% em 2018 e 2020 para 1,2% em 2023, classe II: Aumentou de 30,6% em 2018 para 49,4% em 2020, mas diminuiu para 42,4% em 2023; Classe III diminuiu de 50,0% em 2018 para 35,9% em 2020, mas aumentou para 37,1% em 2023; Classe IV diminuiu de 18,8% em 2018 para 14,1% em 2020, mas aumentou para 19,4% em 2023.

RAD 5, Classe I; Estável, com ligeiro aumento de 1,0% em 2018 e 2020 para 1,03% em 2023; Classe II: Aumentou de 49,5% em 2018 para 60,0% em 2020, mas diminuiu ligeiramente para 57,73% em 2023; Classe III: Diminuiu de 27,8% em 2018 para 21,0% em 2020, mas aumentou para 23,71% em 2023; Classe IV: Diminuiu de 21,6% em 2018 para 18,0% em 2020 e depois para 17,53% em 2023.

Observa-se uma tendência de variação na cobertura do solo ao longo dos anos em diferentes locais. Algumas áreas apresentam aumento na vegetação rala (Classe II), enquanto outras mostram flutuações na vegetação espaçada (Classe III) e densa (Classe IV). A estabilidade do solo exposto (Classe I) em alguns locais pode indicar um equilíbrio nas práticas de manejo do solo. As variações podem ser atribuídas a fatores como mudanças climáticas, práticas de manejo da terra e outros fatores ambientais.

4. CONCLUSÃO

O estudo concluiu que as técnicas de manejo e conservação do solo e revegetação empregadas nas áreas de restauração no Cerrado de Montes Claros foram eficazes. Utilizando imagens de satélite e o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), foi possível observar um aumento da cobertura vegetal nas

áreas manejadas, especialmente nas que receberam bacias de contenção. As áreas sem as bacias também mostraram recuperação, mas de forma menos avançada. Esses resultados demonstram que as práticas de restauração utilizadas são eficientes na recuperação de áreas degradadas no Cerrado.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARES, C. A. *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013. DOI: 10.1127/0941-2948/2013/0507. Disponível em: https://www.schweizerbart.de/papers/metz/detail/22/82078/Koppen_s_climate_classification_map_for%20Brazi. Acesso em: 15 abr. 2021.

BACA, J. F. M. **Dinâmica da Paisagem**: métodos analíticos, modelos de classificação e simulação prognostica, sob a ótica geoecológica. 2002. Tese (Doutorado em geografia) – Faculdade de Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.

BANDEIRA, M. N.; CAMPOS, I. Cerrado: relevância no cenário hídrico brasileiro. *In*: SIMPÓSIO NACIONAL DE CIÊNCIA E MEIO AMBIENTE, 9., 2018, Anápolis. **Anais [...]**. Anápolis: UniEvangélica, 2018. p. 1-11. Disponível em: <http://anais.unievangelica.edu.br/index.php/CIPEEX/article/view/3093>. Acesso em: 12 set. 2021.

BARBOSA, H. A.; LAKSHMI KUMAR, T. V.; SILVA, L.R.M. Recent trends in vegetation dynamics in the South America and their relationship to rainfall. **Natural Hazards**, Netherlands, v. 77, n. 2, p. 883-899, 2015. DOI: 10.1007/s11069-015-1635-8.

BELLOTTO, A; VIANI, R.A.G.; RODRIGUES, R.R.; NAVE, A.G. **Importância do monitoramento das áreas restauradas para análise da efetividade das ações**. Piracicaba: USP/ESALQ, 2007.

BENDINI, H. N. *et al.* Classificação detalhada de terras agrícolas no cerrado brasileiro com base em informações fenológicas de densas séries temporais de imagens de satélite. **Jornal Internacional de Observação Aplicada da Terra e Geoinformação**, [s.l.], v. 82, p. 101872, 2019.

BORATTO, I. M.; GOMIDE, R. L. Aplicação dos índices de vegetação NDVI, SAVI e IAF na caracterização da cobertura vegetativa da região Norte de Minas Gerais. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16., 2013, Foz do Iguaçu. **Anais [...]**. Foz do Iguaçu: INPE, 2013. p. 7345-7352.

BRAGA, C. C; BRITO, J. I. B.; SANSIGOLO, C. A.; RAO, T. V. R. Tempo de resposta da vegetação às variabilidades sazonais da precipitação no Nordeste do

Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.11, n.1, p.149-157, 2003.

CARNEVALI, N. H. S.; SANTIAGO, E. F.; DALOSO, THIAGO CARNEVALI D. M. O.; OLIVEIRA, M. T. Sobrevivência e crescimento inicial de espécies arbóreas nativas implantadas em pastagem degradada. **Floresta**, Curitiba, v. 46, n. 2, p. 277 - 286, 2016.

ELACHI, C.; ZYL, J. V. **Introduction to the physics and techniques of remote sensing**. New York: John Wiley & Sons, 2021.

EMBRAPA TERRITORIAL. **Satélites de Monitoramento**. Campinas, 2018. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento> >. Acesso em: 13 fev. 2024.

FITZ, P. R. Classificação de imagens de satélite e índices espectrais de vegetação: uma análise comparativa. **Geosul**, Florianópolis, v. 35, n. 76, p.171-188, 2020.

FREIRE, G. S. *et al.* Atributos edáficos e vegetação em áreas de nascentes da Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Piauitinga, Sergipe. **Magistra**, [s.l.], v. 31, p. 661-674, 2020.

GUERRA, A. J. T.; BEZERRA, J.F.R; JORGE, M.C.O; FULLEN, M.A. The geomorphology of Angra dos Reis and Paraty municipalities, southern Rio de Janeiro state. **Revista Geonorte**, [s.l.], v. 4, n. 13, p. 1–21, 2013. Disponível em: <https://periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/1141>. Acesso em: 13 abr. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **IBGE Cidades 2022**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/montes-claros/panorama>. Acesso: 15 fev. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Indicadores de Desenvolvimento Sustentável: Brasil 2015**. Rio de Janeiro: IBGE, 2015, 352 p.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. **Meteorologia**. Ministério da Agricultura e Pecuária, portal de informações meteorológicas, monitoramento, análise, previsão de tempo e de clima. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/>. Acesso em: 15 fev. 2022.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. Tradução José Carlos Neves Epiphânio. 2. ed. São José dos Campos: Parêntese, 2009. 40p

LIMA, E. M.; CURCIO, G. R.; BONNET, A.; UHLMANN, A.; PALMA, V. H. Crescimento inicial de espécies arbóreas nativas em solos degradados e com presença de plintita no Bioma Cerrado. **Nativa, Sinop**, Brasília, DF, v. 6, n. especial, p. 787-794, 2018.

LOPES, G. O.; RIBEIRO, C. F. D. A; SILVA, W. B. Mapeamento das fitofisionomias do cerrado da Reserva Biológica da Contagem, DF, por meio de sensoriamento remoto. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO*, 14., 2009, Natal. **Anais** [...]. Natal: INPE, 2009.p. 2801-2807.

LORENZZETTI, J. A. **Princípios físicos de sensoriamento remoto**. São Paulo: Editora Blucher, 2015. 292p.

MELO, B. M. D. *et al.* Análise temporal do NDVI como ferramenta para o planejamento do ecoturismo na APA do Rio Pandeiros, norte de Minas Gerais. **Caderno de Ciências Agrárias**, Montes Claros, v. 11, p. 1-9, 2019.

MOREIRA, Cintia Dayrane Duarte *et al.* Sobrevivência de mudas em área de Cerrado degradado no Semiárido Norte Mineiro. *In: CONGRESSO BRASILEIRO INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA*, 1., 2020, Montes Claros. **Anais** [...]. Montes Claros: Universidade Federal de Minas Gerais, 2020. Evento Online.

NASCIMENTO, H. E. M.; LAURANCE, W. F. Efeitos de área e de borda sobre a estrutura florestal em fragmentos de floresta de terra-firme após 13- 17 anos de isolamento. **Acta amazônica**, Manaus, v. 36, n. 2, p. 183-192, 2006.

OLIVEIRA, Bianca Duarte. **Sistema de informações geográficas para monitoramento das mudanças temporais em solos hidromórficos no cerrado**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2022.

PARKINSON, C. L. **Earth from above**. Sansalito: University Sciences Books; Lund University, p.107-111, 1997.

PREFEITURA MUNICIPAL DE MONTES CLAROS (Montes Claros, MG). **Conheça a cidade**. Disponível em: < <https://portal.montesclaros.mg.gov.br/cidade/geografia>. Acesso em: 24 jun. 2019.

REBOITA, M. S.; RODRIGUES, M.; SILVA, L. D.; ALVES, M. A. Aspectos climáticos do Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, ano 11, v.17, p.206-226, 2015. DOI: 10.5380/abclima.v17i0.41493.

RIBEIRO, José Felipe; WALTER, Bruno Machado Teles. Fitofisionomias do bioma Cerrado. *In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. de (Ed.). Cerrado: ambiente e flora*. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1998. p.89-166.

ROCHA, C. H. B. **Geoprocessamento: tecnologia transdisciplinar**. Juiz de Fora: Ed. do autor, 2002. 220p.

SANTOS, G. L.; PEREIRA, M. G.; DELGADO, R. C.; TORRES, J. L. R. Natural regeneration in anthropogenic environments due to agricultural use in the Cerrado, Uberaba, MG, Brazil. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.33, n.1, p. 169 -176, 2017.

SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V.A.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A.; ARAUJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J.B.; CUNHA, T.J.F.; **Sistema de Classificação de Solos**, 5 e.d., rev. Brasília, DF: EMBRAPA, 2018. 356p.

SANTOS, R. M. *et al.* Riqueza e similaridade florística de oito remanescentes florestais no norte de Minas Gerais, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 31, n. 1, p. 135 -144, 2007.

SCHOWENGERDT, R. A. **Remote sensing**: models and methods for image processing. Arizona: Elsevier, 2006.

SCOLFORO, J.R.S.; CARVALHO, L.M.T.; OLIVEIRA, A.D. **Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado de Minas Gerais**: componentes Geofísico e Biótico. Lavras: UFLA, 2008.195p.

SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL- SEMAD (Minas Gerais). **Plano Diretor das Bacias Hidrográficas dos Rios Jequitaiá, Pacuí e trechos do rio São Francisco**: Relatório Final. Belo Horizonte: IGAM, 2010. 736p.

SILVA, E. B. *et al.* A expansão da fronteira agrícola e a mudança de uso e cobertura da terra no centro-sul de Goiás, entre 1975 e 2010. **Ateliê Geográfico**, Goiânia, v. 7, n. 2, p. 116-138, 2013.

SILVA, K. A. *et al.* Analysis of vegetation dynamics using the normalized difference vegetation index (NDVI) at the archipelago of Fernando de Noronha, Pernambuco, Brazil. **Interações**, Campo Grande, v. 21, p. 895-901, 2020.

SILVA, Wesley Costa. **Ecofisiologia de Schizolobium parahyba (Vell.) S. F. Blake em solos de Cerrado**: diferenças entre solos podem modular o desenvolvimento de uma arbórea invasora. 2020. 27 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2020. DOI <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2020.3049>

SIMONETT, D. S.; ULABY, F.T (ed.). **Manual of Remote Sensing. American Society of Photogrammetry**, Falls Church, VA, v.1, 2.ed.,1983,1232 p.

SLATER, P.N. **Remote sensing**: optics and optical systems. New York, NY: Addison-Wesley,1980. 575p.

TANAKA, M. O. *et al.* Influence of watershed land use and riparian characteristics on biological indicators of stream water quality in southeastern Brazil. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, [s.], v. 216, p. 333-339, 2016.

TAVORA, F. J. A., *et al.* Aplicação de imagens de satélite na análise do NDVI em áreas de cultivo. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v.4, n.3, p.678-689, 2011.

TYAGI, S.; GARG, N.; PAUDEL, R. Environmental degradation: Causes and consequences. **European researcher**, [s.l.], v. 81, n. 8-2, p. 1491-1498, 2014.

ZONEAMENTO ECOLÓGICO ECONÔMICO – **ZEE-MG** (Minas Gerais). Ferramenta de geoprocessamento, 2008. Disponível em: www.zee.mg.gov.br/. Acesso em: 15 fev. 2022.

4.2 Artigo 2 - Florística de áreas em processo de restauração no cerrado de Minas Gerais

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo caracterizar a flora de áreas de cerrado em processo de restauração e determinar a similaridade do estrato regenerante com o ecossistema de referência. Foram selecionadas cinco Áreas de Recuperação Ambiental (RAD), em área de cerrado *Sensu stricto*, no município de Montes Claros-MG, nas quais foram estabelecidas 5 parcelas de 10x20m (200m²) cada, distribuídas em uma área total de um hectare. Em cada parcela, foram amostrados todos os indivíduos arbóreos vivos com DAS (Diâmetro à Altura do Solo) superior a 5cm. Além disso, foi realizada uma avaliação florística da regeneração natural em uma parcela de 10x4m (40m²) dentro de cada RAD, registrando todos os indivíduos com DAS <5cm e altura superior a 10cm. Para avaliar a similaridade entre as áreas, foi utilizado o índice de Sørensen (Bray-Curtis), identificando-se dois grupos em cada área amostral. Para avaliar a similaridade entre as áreas, foi utilizado o índice de Sørensen (Bray-Curtis), identificando-se dois grupos em cada área amostral. Ao todo, foram registrados 1305 indivíduos, dos quais 314 eram arbóreos e 1001 eram regenerantes, pertencentes a 39 famílias e 140 espécies. As famílias mais representativas em número de indivíduos foram Fabaceae, Myrtaceae e Malpighiaceae. As espécies mais abundantes nas áreas amostradas foram *Erythroxylum decidum* (76 indivíduos) e *Distimake tomentosus* (66 indivíduos). Os índices de diversidade de Shannon-Weaver variaram entre as áreas, com valores para ER variando de 2,89 a 3,78, para RAD2 de 1,29 a 2,84, para RAD3 de 1,48 a 2,82, para RAD4 de 2,35 a 3,54 e para RAD5 de 1,85 a 3,62. Os índices de equabilidade de Pielou também apresentaram variações entre as áreas, com valores de 0,89 a 0,90 para ER, 0,72 a 0,81 para RAD2, 0,71 a 0,87 para RAD3, 0,87 a 0,90 para RAD4 e 0,72 a 0,86 para RAD5. No estrato arbóreo, o grupo 1 (ER e RAD5) apresentou maior similaridade, enquanto o grupo 2 (RAD2 e RAD3) apresentou menor similaridade, e RAD4 demonstrou similaridade intermediária. No estrato de regenerantes, o grupo 1 (RAD2, RAD3 e RAD4) apresentou similaridade muito alta, enquanto o grupo 2 (RAD4 e RAD5) apresentou similaridade baixa, indicando menor semelhança entre si. É relevante considerar a abundância das espécies na área para futuras ações de restauração. Espécies mais comuns e adaptadas ao ambiente local podem ser preferenciais para tais intervenções, visto que apresentam maior probabilidade de sucesso na reintrodução e estabelecimento.

Palavras-chave: Áreas degradadas; flora; recuperação de áreas; manejo do solo.

ABSTRACT

The present study aimed to characterize the floristic and phytosociological aspects of a fragment of cerrado *Stricto Sensu* located in the Serra Velha Traçadal farm, in the municipality of Montes Claros, northern Minas Gerais. Five Environmental Recovery Areas (RAD) were selected, where 5 plots of 10x20m (200m²) each were established, distributed over a total area of 1.0 hectare. In each plot, all living tree individuals with DBH (Diameter at Breast Height) greater than 5cm were sampled. Additionally, a floristic assessment of natural regeneration was conducted in a 10x4m (40m²) plot within each RAD, recording all individuals with DBH <5cm and height greater than 10cm. In total, 1305 individuals were recorded, of which 314 were trees and 1001 were regenerants, belonging to 39 families and 140 species. The most representative families in terms of number of individuals were Fabaceae, Myrtaceae, and Malpighiaceae. The most abundant species in the sampled areas were *Erythroxylum decidum* (76 individuals) and *Distimake tomentosus* (66 individuals). Shannon-Weaver diversity indices varied among the areas, with values ranging from 2.89 to 3.78 for ER, 1.29 to 2.84 for RAD2, 1.48 to 2.82 for RAD3, 2.35 to 3.54 for RAD4, and 1.85 to 3.62 for RAD5. Pielou's evenness indices also showed variations among the areas, with values ranging from 0.89 to 0.90 for ER, 0.72 to 0.81 for RAD2, 0.71 to 0.87 for RAD3, 0.87 to 0.90 for RAD4, and 0.72 to 0.86 for RAD5. To assess similarity between the areas, the Sørensen index (Bray-Curtis) was used, identifying two groups within each sample area. In the tree stratum, group 1 (ER and RAD5) showed greater similarity, while group 2 (RAD2 and RAD3) exhibited lower similarity, and RAD4 demonstrated intermediate similarity. In the regenerant stratum, group 1 (RAD2, RAD3, and RAD4) in the regenerant stratum, while group 2 (RAD4 and RAD5) exhibited low similarity, indicating less resemblance between them. It is relevant to consider the abundance of species in the area for future restoration actions. Common species that are well adapted to the local environment may be preferable for such interventions, as they have a higher likelihood of success in reintroduction and establishment.

Keywords: Degraded areas; flora; area recovery; soil management.

1. INTRODUÇÃO

O bioma Cerrado, que ocupa aproximadamente 25% do território brasileiro, representa o segundo maior bioma tanto do Brasil quanto da América do Sul (Oliveira, 2022). Sua composição florística é predominantemente formada por famílias e gêneros semelhantes aos observados na Mata Atlântica e na Amazônia. No entanto, apresenta espécies distintas com uma distribuição heterogênea dentro do bioma, bem como proporções diferenciadas de gêneros e espécies (Bridgewater *et al.*, 2004). Também conhecido como savana tropical (Klink; Machado, 2005), ele é caracterizado por um gradiente vegetacional diversificado, que varia desde formas campestres abertas, como os campos limpos, até formas relativamente densas e florestais, como os cerradões (Oliveira *et al.*, 2015). Destaca-se pela sua rica biodiversidade, sendo reconhecido como um "hotspot" de biodiversidade (Myers *et al.*, 2000).

Conhecido também como savana tropical, o Cerrado é caracterizado por um gradiente vegetacional diversificado, que varia desde formas campestres abertas, como os campos limpos, até formas relativamente densas e florestais, como os cerradões (Oliveira, *et al.*, 2015). Este bioma destaca-se pela sua rica biodiversidade, sendo reconhecido como um "hotspot" de biodiversidade (Myers *et al.*, 2000).

Discutido por Schmit *et al.* (2018), o Cerrado é um ecossistema de significativa importância devido à sua riqueza biológica, abrangendo uma ampla variedade de espécies animais e vegetais.

Para as áreas de Cerrado, ainda não há uma definição clara dos fatores que influenciam na determinação das diferentes fisionomias. Enquanto alguns estudos apontam a disponibilidade de nutrientes no solo como um fator determinante, outros não corroboram essa relação (Pinto *et al.*, 2009; Reys *et al.*, 2013). Além disso, para esse tipo de vegetação, são mencionados outros fatores, como sazonalidade climática, nível do lençol freático, drenagem do solo e influência de queimadas (Oliveira-Filho, 1989; Oliveira-Filho; Ratter, 2002).

Considerando que diferentes históricos de perturbação e estado de conservação tornam cada remanescente único na sua riqueza e estrutura. A análise da flora e a comparação com o ecossistema de referência são fundamentais para

entender a biodiversidade e as interações ecológicas em diferentes ambientes. Além disso, essa abordagem permite avaliar o impacto das perturbações e conservação nas comunidades vegetais (Suganuma; Durigan, 2015). A pesquisa envolveu levantamentos de espécies, análise de composição florística, estudos de diversidade e similaridade entre áreas. É importante considerar tanto os aspectos históricos quanto os contemporâneos para obter uma visão completa da dinâmica desses remanescentes e sua relação com o ambiente circundante. O objetivo do presente estudo foi caracterizar a flora de áreas de cerrado em processo de restauração e determinar a similaridade do estrato regenerante com o ecossistema de referência.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização e caracterização das áreas de estudo

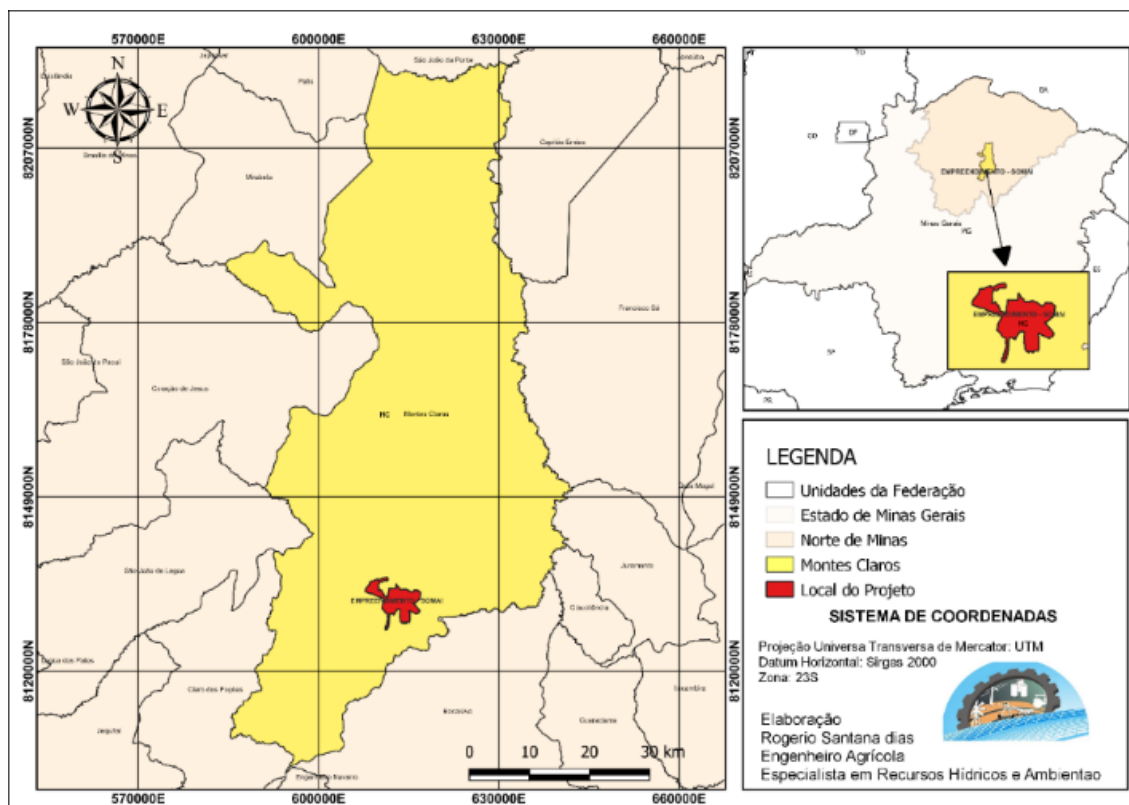
2.1.1 Descrição da área de estudo

A área de estudo está localizada na região da bacia do Alto Rio Pacuí, na Fazenda Serra Velha-Traçadal, nas proximidades da BR 365, km 14, sentido Pirapora-MG, na zona rural do município de Montes Claros, estado de Minas Gerais (FIGURA 6). A elevação média é de 646 metros acima do nível do mar, com coordenadas geográficas de latitude 16°43'41" Sul e longitude 43°51'54" Oeste. De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é Aw, caracterizado como tropical, com inverno seco (Montes Claros, 2019; Reboita *et al.*, 2015), este clima apresenta estação chuvosa no verão, ocorrendo de novembro a abril, enquanto a estação seca se estende de maio a outubro, sendo julho o mês mais seco (Moreira, *et al.*, 2020; EMBRAPA, 2018; Alvares *et al.*, 2013). Segundo dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), a temperatura média anual foi de 23,18°C, e a precipitação média anual atingiu 873,68 mm no período de 2018 a 2023. A Fazenda Serra Velha-Traçadal apresenta uma altitude média de 998 metros.

Montes Claros está situada na Bacia do Alto Médio São Francisco, ao Norte do Estado de Minas Gerais, sendo o segundo município com maior área na referida bacia e o principal centro urbano do norte do Estado (IBGE, 2022). A bacia do rio

Pacuí está inserida na Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos - UPGRH SF6, que conta ainda com a bacia do rio Jequitai e as bacias de rios que fluem diretamente para o rio São Francisco. A bacia possui uma área de cerca de 3.920 km², o que corresponde a, aproximadamente, 0,7% da área total do Estado de Minas Gerais.

Figura 6 - Mapa de localização - Fazenda Serra Velha-Traçadal



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

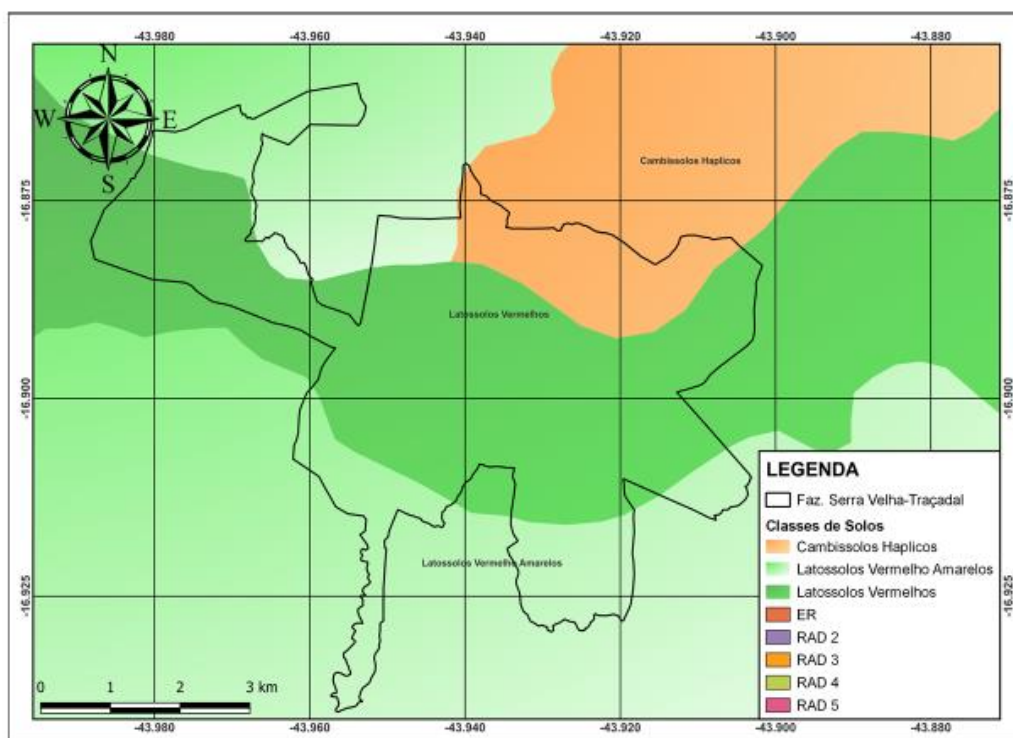
A formação vegetal predominante na área de estudo está situada nos domínios de Cerrado (FIGURA 12), constituindo um complexo vegetacional com diferentes fitofisionomias. Isso se manifesta principalmente na composição de espécies, na abundância e no porte dos indivíduos (Santos *et al.*, 2007).

A Figura 7 ilustra as classes de solos presentes na área de estudo e suas respectivas descrições. Conforme o Zoneamento Ecológico Econômico de Minas Gerais (ZEE/MG), a maior parte dos solos na região do empreendimento apresenta um alto potencial de vulnerabilidade (Scolforo, *et al.*, 2008; ZEE-MG, 2008).

A geologia de uma determinada região caracteriza-se pela configuração dos materiais de substrato, representados pelas rochas preservadas ou em diferentes graus de alteração, com suas respectivas propriedades químico/mineralógicas e a organização estrutural das mesmas, incluindo os sistemas de falhas e fraturas.

Os tipos de solo identificados na área de estudo incluem Cambissolos Háplicos (CbH), Latossolos Vermelhos (LV) e Latossolos Vermelho-Amarelos (LVA).

Figura 7 - Mapa de solo - Fazenda Serra Velha-Traçadal



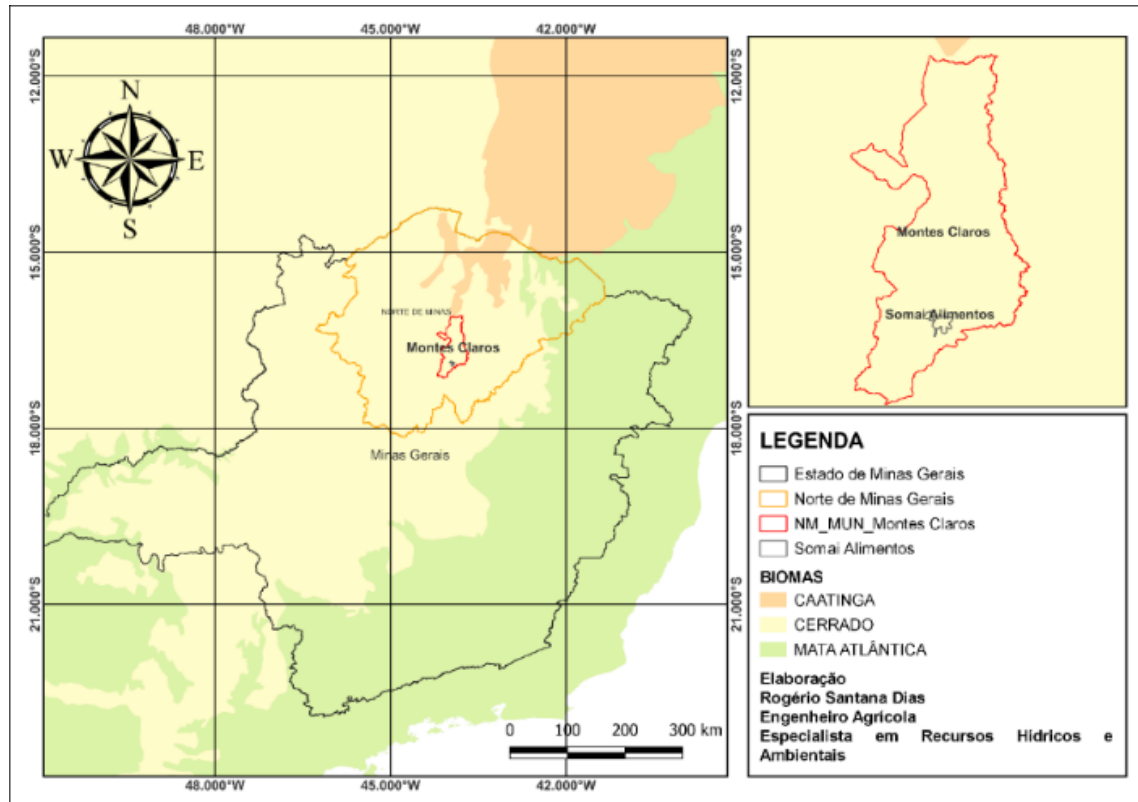
Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

2.1.2 Caracterização das áreas de Estudo

A vegetação de toda a área estudo é considerada savânica, apresenta predominantemente arbustos espaçados, árvores baixas, sem a formação de um dossel contínuo, tortuosas, com ramificações retorcidas e irregulares, ritidomas densamente suberosos e, ocasionalmente, evidenciados por queimadas. A vegetação é caracterizada como cerrado que é a representação mais característica desse bioma, classificado como uma savana tropical (FIGURA 8), apresentando similaridades com outras encontradas na América do Sul, África e Austrália. Sua

distinção principal reside na notável riqueza florística, conforme observado por Lehman *et al.* (2011).

Figura 8 - Mapa de Biomas do Estado de Minas Gerais



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

A área referencial é dominada principalmente por árvores e arbustos pertencente às famílias: Fabaceae, Malpighiaceae, Dilleniaceae, Vochysiaceae, Myrtaceae, Sapotaceae, Myrsinaceae, Proteaceae, Annonaceae, Caryocaraceae e Malvaceae. A concentração das árvores faz com que a vegetação se assemelha a um Cerradão (Floresta mesófila esclerófila).

Figura 9 – Vegetação presente nas áreas de estudo



Foto 1 - [i] Ecossistema de referência



Foto 2 - [ii] RAD 2 – Área de recuperação ambiental 2.



Foto 3 - [iii] RAD 3 – Área de recuperação ambiental 3.

Legenda: [i] Representações da vegetação de uma das parcelas do Ecossistema de referência; [ii] Parcelas da RAD 3 dominadas por capim exótico; [iii] Indivíduos arbóreos espaçados e solo exposto na RAD 3. **Fonte:** Do Autor, 2024.

Ao longo dos anos a Empresa adquiriu áreas adjacentes, que já possuíam vários níveis de degradação, dessa forma foi necessário realizar a restauração e recuperação dessas áreas, atendendo as condicionantes exigidas por órgãos ambientais como parte do processo para adequação ao licenciamento ambiental da Empresa. Com o propósito de identificar, caracterizar e avaliar a cobertura do solo, conduziu-se um estudo "in loco" para investigar as condições de degradação. Foram selecionados cinco estratos principais, com área de 1,0 há cada. Área total de estudo 5,0 há, dentro da fazenda Serra Velha-Traçadal, cada uma com manejo diferenciado.

a) ER: Estabelecido como uma referência local para avaliações subsequentes, comparando seu estado de degradação ou processo de recuperação. Suas coordenadas geográficas são latitude 16°53'30.41"S e longitude 43°55'8.59"O. Este ecossistema é caracterizado por vegetação secundária que representa o estado de preservação local (FIGURA 3a). A área possui uma declividade de 4° (FIGURA 4). Quanto às características do solo, apresenta acidez média com deficiências significativas em vários nutrientes essenciais, incluindo fósforo, potássio, cálcio e magnésio (TABELA 3).

b) RAD2: Coordenadas geográficas: latitude $16^{\circ}55'14.71''\text{S}$ e longitude $43^{\circ}55'10.71''\text{O}$. A área apresenta uma declividade de 8° (FIGURA 4). O solo encontra-se parcialmente exposto, com presença de vegetação herbácea, arbustiva e arbórea dispersa, sendo parcialmente cercado por plantação de eucalipto a leste, enquanto a vegetação nativa encontra-se em estágio intermediário de regeneração a oeste da RAD (FIGURA 3b). Para promover sua recuperação, foram implementadas medidas como cercamento para proteção contra pisoteio de animais, construção de bacias de contenção e terraços para redução da erosão do solo, além da promoção da regeneração natural e plantio de mudas. O solo dessa área demonstra alta acidez com baixos teores de fósforo, cálcio e magnésio (TABELA 3).

c) RAD3: Coordenadas geográficas: latitude $16^{\circ}53'13.87''\text{S}$ e longitude $43^{\circ}55'18.86''\text{O}$, com uma declividade de 4° (FIGURA 4). Esta área é circundada por plantação de eucalipto ao leste e apresenta vegetação nativa secundária em estágios intermediário e tardio de regeneração na parte inferior. O solo encontra-se amplamente exposto, com presença de herbáceas, arbustos e árvores espaçados (FIGURA 3c). As ações de recuperação implementadas incluíram o cercamento da área, plantio de mudas e construção de bacias de contenção para mitigar a erosão do solo e facilitar a regeneração natural. O solo dessa área apresenta acidez média e deficiência em nutrientes essenciais como potássio, cálcio e magnésio.

d) RAD4: Coordenadas geográficas: latitude $16^{\circ}53'30.97''\text{S}$ e longitude $43^{\circ}55'9.64''\text{O}$, com uma declividade de 8° (FIGURA 4). Esta área consiste em uma pastagem degradada, onde o solo está amplamente exposto e há uma distribuição esparsa e heterogênea de herbáceas, arbustos e árvores. Foram identificados pontos de erosão devido à ausência de cobertura vegetal, além de voçorocas em estágio avançado de degradação. Há ocorrência de árvores adultas e jovens em boa densidade, indicando processos de regeneração natural. Uma pequena porção da área faz interseção com uma plantação de eucalipto (apenas 3% do perímetro total) a leste, enquanto a maior parte está cercada por vegetação nativa secundária em estágio tardio de regeneração (FIGURA 3d). Assim como nas RAD 2 e RAD 3, as estratégias de recuperação adotadas nesta área incluem cercamento e adensamento vegetal (plantio de mudas). O solo da RAD4 apresenta acidez moderada, assim como nas outras áreas de recuperação, com deficiências

significativas em nutrientes essenciais, especialmente fósforo, cálcio e magnésio, além de uma alta concentração de alumínio (TABELA 3).

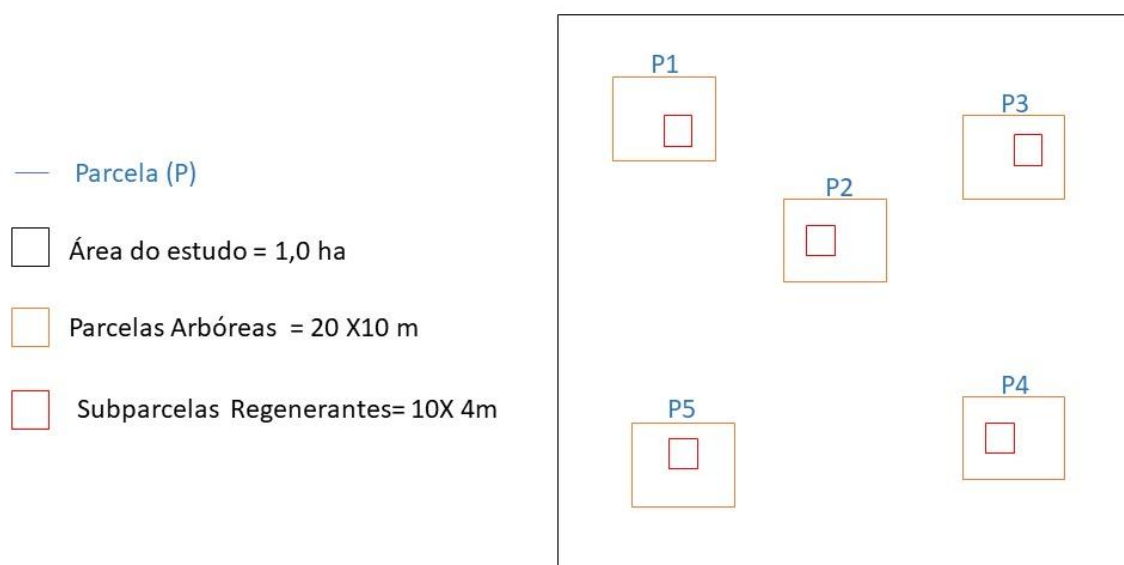
e) RAD 5: Coordenadas geográficas: latitude 16°53'40.63"S e longitude 43°55'20.13"O, com uma declividade de 4° (FIGURA 4). Esta área apresenta solo fortemente exposto, sem a presença de herbáceos, arbustos e árvores distribuídos de forma espaçada e heterogênea (FIGURA 3e). Para promover a recuperação, optou-se pela regeneração natural através de técnicas de adensamento vegetal e pela construção de cercas para isolamento de animais, permitindo assim acelerar o processo de regeneração natural. O solo da RAD 5 possui acidez moderada, com deficiências significativas em nutrientes essenciais, especialmente fósforo, cálcio e magnésio, e uma alta concentração de alumínio (TABELA 3).

2.1.3 Levantamento Florístico do estrato Arbóreo e regenerante da Vegetação

Foram realizadas sete visitas a campo para o desenvolvimento do projeto, durante as quais foram concluídas as atividades de coleta e identificação das espécies. Selecionaram-se cinco áreas de um hectare cada. Nas áreas de estudo, foram identificadas duas situações principais na bacia em questão: a Situação 1 (S1), área de pastagem degradada, e a Situação 2 (S2), área de vegetação nativa remanescente degradada (reserva degradada). Em ambas as situações, foram amostrados um hectare onde houve a construção de bacias de contenção e terraços e um hectare sem bacias de contenção e terraços. Portanto, em S1, temos S1T1 (Situação 1, Tratamento 1 - com bacias de contenção), S1T2 (Situação 1, Tratamento 2 - com terraços) e S1T3 (Situação 1, Tratamento 3 - sem bacias e terraços). Em S2, temos S2T3 (Situação 2, sem bacias de contenção e terraços). Utilizou-se como testemunha uma área adicional (Ecossistema de Referência - ER), também amostrada em um hectare. A amostragem em cada situação e no ecossistema de referência foi realizada por meio da distribuição aleatória em cada subárea de 5 parcelas de 20 x 10 m (200 m²) para a avaliação dos indicadores de recuperação (vegetação e solo). Em cada parcela, foram registrados e identificados todos os indivíduos arbóreos vivos com DAP (diâmetro à altura do peito) > 5 cm. Os indivíduos bifurcados também foram incluídos no levantamento do estrato arbóreo quando pelo menos um de seus troncos atendeu ao critério mínimo de DAP

(diâmetro à altura do peito, 1,30 cm). Para a avaliação florística da regeneração natural, foi demarcada uma parcela de 40 m² (10 x 4 m) dentro de cada parcela do estrato arbóreo, onde foi realizado o levantamento florístico de todas as plantas com DAS (diâmetro à altura do solo) < 5 cm e altura superior a 30 cm. O material botânico coletado foi encaminhado ao Herbário Norte Mineiro (MCCA) do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, utilizando-se literatura especializada e comparação com os acervos de herbários virtuais disponíveis nas plataformas Species Link, Flora do Brasil 2020 e Jabot.

Figura 10 – Croqui distribuição de parcelas



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

A nomenclatura e a classificação das famílias botânicas foram realizadas de acordo com as diretrizes estabelecidas pela Flora do Brasil (2020) e o Sistema APG IV, (2016) para a identificação e comparação com exsicatas existentes, sendo realizado também consultas à literatura clássica taxonômica e a especialistas. As espécies foram classificadas, adotando-se a metodologia descrita por Swaine e Whitmore (1988); segundo o seu grupo ecológico, Síndrome de dispersão e hábito.

A comparação da composição florística da Situação 2 (Área com vegetação nativa com e sem bacias de contenção) e do Ecossistema de Referência do presente trabalho foi feita com o intuito de determinar o grau de similaridade florística entre as áreas. Para a interpretação das relações florísticas foram

empregadas duas técnicas de análise multivariada com o auxílio do software Past 4.03, a qual produz um diagrama de ordenação onde as áreas se distribuem de acordo com maior ou menor similaridade entre si (Hill & Gauch, 1980). A segunda constitui de uma análise de agrupamento de cluster por meio do cálculo dos coeficientes de similaridade de Sørensen (Bray-curtis). Essa análise foi conduzida considerando os estratos de cada tratamento e a área de referência (ER). que nos fornecerá informações da semelhança entre os indivíduos, utilizando a seguinte expressão:

$$Ss = \frac{2a}{(2a + b + c)}$$

em que:

c=número de espécies em comum entre as áreas comparadas;

a = número total de espécies na área a;

b = número total de espécies na área b.

Ambas as análises serão realizadas a partir das seguintes matrizes: a) matriz de presença/ausência das espécies não raras amostradas tanto no estrato arbóreo como no estrato regenerante; b) matriz de presença/ausência das espécies não raras amostradas no estrato regenerante; c) matriz de presença/ausência das espécies não raras amostradas no estrato arbóreo.

2.1.4 Diversidade Florística

Para a estimativa da diversidade florística ocorrente nas áreas com vegetação nativa foi utilizado o índice de Shannon-Weaver (H') e de equabilidade de Pielou (Abrahamson; Taylor, 2011). Os índices de diversidade servem como indicadores do equilíbrio de sistemas ecológicos, funcionando como ferramenta para o manejo ambiental. Este índice é calculado com base na relação entre o número de indivíduos de cada espécie e o número total de indivíduos amostrados por intermédio das seguintes expressões:

$$H' = \frac{[N \cdot \ln(N) - \sum_{i=1}^s n_i \ln(n_i)]}{N}$$

em que:

N = número total de indivíduos amostrados;

N_i = número de indivíduos amostrados da i-ésima espécie;

S = número de espécies amostradas;

ln = logaritmo de base neperiana (e).

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}}$$

em que:

J' = índice de Equabilidade de Pielou;

H' max = ln(S) = diversidade máxima;

S = número de espécies amostradas = riqueza.

Para avaliar a diversidade de espécies vegetais, aplicamos dois índices: o índice de Shannon-Weaver (H') e o índice de equabilidade de Pielou (Abrahamson; Taylor, 2011). Os dados de abundância das espécies foram representados em matrizes para realizar essas análises. No primeiro cenário, ao avaliarmos a similaridade entre os estratos dentro de um mesmo tratamento, utilizamos uma matriz que incorporava todas as espécies arbóreas amostradas. No segundo cenário, para comparar a similaridade entre os tratamentos, baseamo-nos nos dados de abundância das espécies amostradas. A partir do índice calculado para o segundo caso, conduzimos uma análise de agrupamento de Cluster utilizando a média aritmética não ponderada por grupo (UPGMA) e elaboramos dois dendrogramas (Figura 15). Neste estudo, consideramos como espécies raras aquelas representadas por apenas um indivíduo (Gaston, 1984; Lim; Balke; Meier, 2012). Todas as análises foram realizadas utilizando o software Past 4.03.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A estrutura de cerrado sensu stricto da fazenda Serra Velha-Traçadal mostra grau de heterogenidade semelhante a outros Cerrados bem conservados e pode servir de referência florística-estrutural para execução de futuras ações de conservação na região, mostrando a riqueza compatível a outros cerrados de Minas Gerais (Souza *et al.*, 2008). Quanto aos parâmetros fitossociológicos encontraram-se 1305 indivíduos destes foram identificados nos estratos **arbóreos** 314

indivíduos, distribuídos em 42 **espécies** e 22 **famílias**, nos estratos regenerantes amostrados foram 991 **indivíduos**, 39 **famílias** e 140 **espécies** estes apresentados nos quadros 1 e 2 respectivamente. Mostrando uma **riqueza compatível** com outros cerrados (Souza *et al.*, 2008).

3.1 Composição florística

Nas duas áreas RAD 2 E RAD 3, foram encontradas 4 espécies herbáceas a subarbustivas raras pertencentes à família Melastomataceae (prováveis *Microlicia* spp.) e uma *Cambessedesia* sp. dentro das RADs, porém fora das parcelas (FIGURA 11); espécies essas que precisam de estudo e que podem resultar em novas ocorrências ou até mesmo em novas espécies ainda não descritas.

Figura 11 - Melasomatáceae raras encontradas na área de estudo



Legenda: A, B e C (prováveis *Microlicia* spp.); D: *Cambessedesia espora*; Verbenaceae *Stachytarpheta reticulata* Mart. Ex Schauer.

Fonte: Do autor, 2024.

A vegetação da RAD 2 é caracterizada como cerrado sentido restrito amplamente degradado. O terreno apresenta formações como latossolos e cambissolos (FIGURA 7). Neste local, mesmo as espécies arbustivas são espaçadas entre si, resultando em grandes porções de solo exposto. Também, foram encontradas espécies que ocorrem em campos rupestres como a *Stachytarpheta reticulata* (FIGURA 11), Melastomataceae nas RADs 3 e 4 e *Stachytarpheta reticulata* encontrada na RAD 2.

Para mais informações é necessário estudos mais aprofundados (verificar altitude, composição do solo e lançamento de mais parcelas amostrais nos limites dessas áreas). A Catuaba-do-cerrado (*Anemopaegma arvense*), uma espécie rara pertencente à família Bignoniaceae ameaçada de extinção, foi encontrada distribuída entre as RADs.

A degradação dessas áreas é fortemente influenciada pelas características químicas e físicas do solo, bem como pela declividade. Essas condições resultam na degradação do solo, afetando negativamente a biodiversidade. Portanto, é essencial implementar um manejo adequado para corrigir essas deficiências e melhorar os níveis de nutrientes, promovendo um ambiente mais saudável para o crescimento das plantas. Muitos ecossistemas e espécies dependem de características específicas do solo para sobreviver, e a perda de qualidade do solo leva à diminuição da diversidade de plantas e animais presentes na área.

As áreas estudadas, RAD 2, RAD 3, RAD 4 e RAD 5, exibem leve inclinação e o solo apresenta características de Latossolo vermelho-amarelo, profundamente intemperizado e com baixos níveis de nutrientes. Nas demais áreas, o terreno apresenta declives variando entre 4° e 8°, enquanto o solo é superficial e ligeiramente arenoso, com vestígios de rochas matrizes visíveis na superfície, tais como fragmentos de quartzo, siltito sólido e cascalhos contendo óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio.

Essas áreas provavelmente apresentam uma variação entre neossolo e cambissolo haplico, ambos altamente degradados devido à evidente pisoteio por animais de grande porte. Além disso, possuem uma menor densidade arbórea em comparação com a parcela de referência, sofrem invasão de gramíneas exóticas, apresentam voçorocas e, em sua maioria, possuem grandes problemas de fertilidade. É digno de nota que uma crosta superficial se formou onde o solo está

exposto ao sol. A diversidade do local foi evidenciada através da dispersão em regiões de amostra diversificadas (RADs) de caráter fragmentado. Considerando-se as condições de degradação do solo e da flora em geral, é essencial implementar planos de manejo adequados com o objetivo de promover a restauração do local. É importante ressaltar que, com a adoção do sistema de barraginhas e terraciamento, com exceção da RAD 5.

Um total de 1307 indivíduos foi amostrado distribuído em cinco áreas amostrais distintas. A análise revelou a presença de 313 indivíduos arbóreos e 996 regenerantes, com este último grupo demonstrando uma maior abundância. No levantamento florístico do fragmento arbóreo (Quadro 1), foram identificados os seguintes números de indivíduos por área: 144 no ER, 17 na RDA 2, 32 na RAD 3, 78 na RAD 4 e 42 na RAD 5, destacando-se o ER como a área com a maior abundância de indivíduos. O levantamento florístico resultou na identificação de um total de 313 espécies, pertencentes a 41 gêneros e 23 famílias distintas. A máxima riqueza florística foi observada na RAD 4, onde foram identificadas 78 espécies, seguida pela RAD 5 com 42 espécies e pela RAD 3 com 32 espécies, conforme indicado no Quadro 2. As famílias com o maior número de indivíduos foram Fabaceae (68), Myrtaceae (48), Malpighiaceae (48) e Sapotaceae (33). A contribuição de espécies por estas famílias foi de 10, 3 e 2, respectivamente. Em conjunto, essas três famílias representaram 66,13% das espécies identificadas, enquanto as outras 19 famílias contribuíram com os 33,87% restantes figura 12 (Gráfico 1).

Quadro 1 - Lista de família e espécies com número de indivíduos arbóreos, encontrados para a fisionomia das áreas de estudo, organizadas por ordem alfabética

							Continuação
Família	Espécies	ER	RAD2	RAD3	RAD4	RAD5	Nº de Indivíduos
Annonaceae	<i>Annona crassiflora</i>	1					1
Apocynaceae	<i>Adpidosperma tomentosum</i>	2					2
Apocynaceae	<i>Aspidosperma tomentosum</i>	4					4
	<i>Barjonia erecta</i>	3					3
Araliaceae	<i>Schefflera macrocarpa</i>	6			8	1	15
Asteraceae	<i>Lychnophora salicifolia</i>	2					2
Bignoniaceae	<i>Handroanthus ochraceus</i>				1		1
Calophyllaceae	<i>Kiellmeyera coriacea</i>	1					1
	<i>Kiellmeyera lathrophyton</i>						
Caryocaraceae	<i>Caryocar brasiliensis</i>	15	1	1	2		19
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum deciduum</i>		1			1	2
	<i>Erythroxylum citrifolium</i>			1			1
Euphorbiaceae	<i>Maprounea guianensis</i>						
	<i>Stryphnodendron adstringens</i>		1	2	14	1	18
	<i>Senna velutina</i>				3	4	7
	<i>Dalbergia miscolobium</i>	7			2		9
	<i>Dimorphandra mollis</i>	4				2	6
	<i>Machaerium opacum</i>	2				1	3
Fabaceae	<i>Hymenaea stigonocarpa</i>					1	1
	<i>Bauhinia rufa</i>						
	<i>Bowdichia virgilioides</i>			1			1
	<i>Enterolobium gummiferum</i>	3			2	1	6
	<i>Leptolobium dasycarpum</i>	5	1				6

Legenda: ER (ecossistema de Referência); RAD 2(área de recuperação ambiental 2); RAD3(área de recuperação ambiental 3); RAD 4(área de recuperação ambiental 4); RAD5 (área de recuperação ambiental 5). **Fonte:** Elaborado pelo autor, 2023.

Quadro 1 - Lista de família e espécies com número de indivíduos arbóreos, encontrados para a fisionomia das áreas de estudo, organizadas por ordem alfabética

Família	Espécies	ER	RAD2	RAD3	RAD4	RAD5	Conclusão
							Nº de Indivíduos
Loganiaceae	<i>Strychnos pseudoquina</i>						
Malpighiaceae	<i>Heteropterys byrsonimifolia</i>	1				4	5
	<i>Byrsonima coccolobifolia</i>	4			2		6
Malvaceae	<i>Eriotheca pubescens</i>	7			1		8
Melastomataceae	<i>Miconia burchellii</i>		10	17	11	2	40
Myrtaceae	<i>Eugenia dysenterica</i>	3				1	4
	<i>Myrcia racemulosa</i>						
	<i>Eugenia cordata</i>						
Nyctaginaceae	<i>Guapira noxia</i>			1			1
Primulaceae	<i>Myrsine guianensis</i>	16			2	21	39
Proteaceae	<i>Roupala montana</i>	8					8
Rubiaceae	<i>Tocoyena formosa</i>	1					1
Sapotaceae	<i>Pouteria ramiflora</i>	19			1		20
Vochysiaceae	<i>Salvertia convallariodora</i>				1		1
	<i>Vochysia elliptica</i>		3	6	8		17
	<i>Qualea grandiflora</i>	13			4		17
	<i>Qualea parviflora</i>	4					4
	<i>Qualea parviflora</i>	12		3	16	2	33
	<i>Vochysia rufa</i>	1					1
TOTAL DE INDIVÍDUOS		144	17	32	78	42	313

Legenda: ER (ecossistema de Referência); RAD 2(área de recuperação ambiental 2); RAD3(área de recuperação ambiental 3); RAD 4(área de recuperação ambiental 4); RAD5 (área de recuperação ambiental 5). **Fonte:** Elaborado pelo autor, 2023.

A família Fabaceae se apresentou como a mais significativa floristicamente, exibindo uma distribuição abrangente nas áreas investigadas. Este achado corrobora com resultados previamente documentados em estudos florísticos conduzidos em ambientes de floresta decidual e ciliar (Durães, 2011), evidenciando a notável capacidade adaptativa desta família a uma variedade de condições

climáticas e ecossistemas. A presença proeminente da Fabaceae no perfil florístico da fazenda Serra Velha-Traçadal reflete a conformidade da comunidade vegetal com os padrões característicos da região sudeste.

A Fabaceae desempenha um papel ecológico crucial em ecossistemas ciliares e de floresta decidual, e sua abundância destacada e ampla distribuição na fazenda Serra Velha-Traçadal podem ser atribuídas à sua capacidade de fixação do nitrogênio atmosférico. Tal habilidade favorece os processos de sucessão ecológica, promovendo o estabelecimento de espécies mais exigentes. Consequentemente, a Fabaceae possui um potencial significativo como facilitadora da sucessão (Carpazani, 2005), desempenhando um papel importante na restauração ecológica e na recomposição da vegetação na fazenda Serra Velha-Traçadal.

As espécies mais abundantes nas áreas amostradas foram *Caryocar brasiliensis* (15) e *Pouteria ramiflora* (19) no ER, *Miconia burchellii* (10) e (17) na RAD2 e RAD3, *Stryphnodendron adstringens* (14) e *Qualea parviflora* (16) na RAD4, e *Myrsine guianensis* (21) na RAD5. *Caryocar brasiliensis* apresentou uma ampla distribuição nas cinco amostras estudadas, destacando-se como a espécie mais representativa em termos de abundância de indivíduos, sendo a única representante da família em todas as amostras. *Qualea parviflora*, por sua vez, demonstrou ser uma espécie dominante, especialmente na RAD4, onde foi registrada a maior quantidade de indivíduos desta espécie.

O quadro 2 (FIGURA 12), apresenta as análises quantitativas e percentuais das diferentes espécies vegetais encontradas nos estratos regenerantes. Cada porcentagem representa a proporção da espécie em relação ao total de indivíduos amostrados. As espécies e suas respectivas porcentagens são as seguintes: Um total de 994 indivíduos regenerantes, conforme descrito no Quadro 2, foram identificados os seguintes números de indivíduos por área: 212 no ER, 120 na RDA 2, 54 na RAD 3, 260 na RAD 4 e 348 na RAD 5 destacando-se o como a área com a maior abundância de indivíduos. O levantamento florístico resultou na identificação de um total de 996 **espécies**, pertencentes a 140 **gêneros** e 39 **famílias** distintas. A máxima riqueza florística foi observada na RAD 5, onde foram identificadas 348 **espécies**, seguida pela RAD 4 com 260 **espécies** e pela ER com 212 **espécies** (Quadro 2). As famílias com o maior número de indivíduos foram Fabaceae (101), Poaceae (96), Malpighiaceae (96), Convolvulaceae (68), Erythroxylaceae (94),

Myrtaceae (69) e Euphorbiaceae (60). Em conjunto, essas 7 famílias representaram 58,93% das espécies identificadas, enquanto as outras 32 famílias contribuíram com os 41,07% restantes.

Quadro 2 - Lista de família e espécies com número de indivíduos juvenis, encontrados para a fisionomia das áreas de estudo organizadas por ordem alfabética.

							Continuação
Família	Espécies	ER	RAD2	RAD3	RAD4	RAD5	Nº de Indivíduos
Amaranthaceae	<i>Gomphrena arborescens</i>	3	9	1	7	3	23
	<i>Anacardium nanus</i>	1				6	7
	<i>Anacardium humile</i>		5				5
Annonaceae	<i>Annona monticola</i>				3	1	4
	<i>Duguetia furfuracea</i>	8		1		8	17
	<i>Duguetia ferruginea</i>				4		4
	<i>Xilopia aromatica</i>				1		1
	<i>Annona tomentosa</i>		1		5		6
Apocynaceae	<i>Barjonia erecta</i>	1					1
Araliaceae	<i>Schefflera macrocarpa</i>				2		2
Asteraceae	<i>Centratherum punctatum</i>		2		5		7
	<i>Emilia fosbergii</i>				1		1
	<i>Trichogonia salviifolia</i>					1	1
	<i>Baccharis trimera</i>		1				1
	<i>Trichogonia salviifolia</i>		5	1	8	1	15
Bignoniaceae	<i>Anemopaegma arvense</i>	1					1
	<i>Cuspidaria sceptrum</i>				1	3	4
	<i>Cybistax antisyphilitica</i>	2					2
	<i>Jacaranda irwinii</i>	1					1
	<i>Jacaranda irwinii</i>	1					1

Legenda: ER (ecossistema de Referência); RAD 2(área de recuperação ambiental 2); RAD3 (área de recuperação ambiental 3); RAD 4(área de recuperação ambiental 4); RAD5 (área de recuperação ambiental 5). **Fonte:** Elaborado pelo autor, 2023.

Quadro 3 - Lista de família e espécies com número de indivíduos juvenis, encontrados para a fisionomia das áreas de estudo organizadas por ordem alfabética

							Continuação
Família	Espécies	ER	RAD2	RAD3	RAD4	RAD5	Nº de Indivíduos
Boraginaceae	<i>Euploca procumbens</i>	1					1
Bromeliaceae	<i>Bromelia balansae</i>					9	9
Calophyllaceae	<i>Kielmeyera coriacea</i>	4			4		8
Caryocaraceae	<i>Caryocar brasiliense</i>	1					1
Clusiaceae	<i>Clusia nemorosa</i>					1	1
Connaraceae	<i>Rourea induta</i>	2					2
Convolvulaceae	<i>Evolvulus glomeratus</i>					1	1
	<i>Distimake flagellaris</i>					1	1
	<i>Distimake tomentosus</i>	2	29		14	21	66
Cyperaceae	<i>Bulbostylis paradoxa</i>	2	2		3		7
	<i>Cyperus capilaris</i>	1					1
	<i>Rynchospora consanguinea</i>	1					1
	<i>Cyperus consanguineus</i>	1					1
Dilleniaceae	<i>Davilla elliptica</i>	4	1		6	6	17
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum deciduum</i>	5	10	3	13	45	76
	<i>Erythroxylum microphyllum</i>				1		1
	<i>Erythroxylum tortuosum</i>		9				9
	<i>Erythroxylum daphnites</i>					2	2
	<i>Erythroxylum campestre</i>				6		6
	<i>Microstachys daphnoides</i>		11	4	11	16	42
Euphorbiaceae	<i>Maprounea guianensis</i>				13		13
	<i>Euphorbia viscoides</i>					2	2
	<i>Manihot tripartita</i>	3					3

Legenda: ER (ecossistema de Referência); RAD 2(área de recuperação ambiental 2); RAD3 (área de recuperação ambiental 3); RAD 4(área de recuperação ambiental 4); RAD5 (área de recuperação ambiental 5). **Fonte:** Elaborado pelo autor, 2023.

Quadro 4 - Lista de família e espécies com número de indivíduos juvenis, encontrados para a fisionomia das áreas de estudo organizadas por ordem alfabética

							Continuação
Família	Espécies	ER	RAD2	RAD3	RAD4	RAD5	Nº de Indivíduos
Fabaceae	<i>Andira humilis</i>	4				2	6
	<i>Stryphnodendron adstrigens</i>		1			1	2
	<i>Calliandra brevipes</i>	5					5
	<i>Calliandra virgata</i>	4					4
	<i>Senna rugosa</i>	2				2	4
	<i>Dalbergia miscolobium</i>			1	2		3
	<i>Mimosa pudica</i>	1					1
	<i>Clitoria guianensis</i>	2			1		3
	<i>Chamaecrista repens</i>	0	2	2	10		14
	<i>Dimorphandra mollis</i>	3					3
	<i>Crotalaria maypurensis</i>				1		1
	<i>Machaerium opacum</i>	1					1
	<i>Andira humilis</i>		1		10	2	13
	<i>Chamaecrista ramosa</i>	2					2
	<i>Stylosanthes guianensis</i>					8	8
	<i>Stylosanthes viscosa</i>					2	2
	<i>Chamaecrista mimosoides</i>	1					1
	<i>Mimosa osmarii</i>	1					1
	<i>Dioclea virgata</i>	3					3
	<i>Chamaecrista desvauxii</i>	2	1		2	11	16
	<i>Bionia coriacea</i>	2					2
	<i>Enterolobium gummiiferum</i>				2		2
	<i>Bauhinia rufa</i>	1			2	1	4
Iridaceae	<i>Pseudotrimezia juncifolia</i>	1					1
Lythraceae	<i>Cuphea micrantha</i>			1			1
	<i>Diplusodon oblongus</i>	13				1	14

Legenda: ER (ecossistema de Referência); RAD 2(área de recuperação ambiental 2); RAD3 (área de recuperação ambiental 3); RAD 4(área de recuperação ambiental 4); RAD5 (área de recuperação ambiental 5). **Fonte:** Elaborado pelo autor, 2023.

Quadro 5 - Lista de família e espécies com número de indivíduos juvenis, encontrados para a fisionomia das áreas de estudo organizadas por ordem alfabética.

Família	Espécies	ER	RAD2	RAD3	RAD4	RAD5	Continuação
							Nº de Indivíduos
Malpighiaceae	<i>Camarea affinis</i>	4	1		3		8
	<i>Camarea ericoides</i>	1					1
	<i>Banisteriopsis caapi</i>		1	1		1	3
	<i>Banisteriopsis campestris</i>			2		8	10
	<i>Banisteriopsis gardneriana</i>					6	6
	<i>Banisteriopsis malifolia</i>			1		1	2
	<i>Heteropterys coriacea</i>	1			7		8
	<i>Heteropterys byrsonimifolia</i>					4	4
	<i>Diplopterys pubipetala</i>					1	1
	<i>Banisteriopsis stellaris</i>		1	14		1	16
	<i>Byrsonima Basiloba</i>	2	2		4	4	12
	<i>Byrsonima verbascifolia</i>		2				2
	<i>Byrsonima laxiflora</i>			1			1
	<i>Byrsonima crassifolia</i>	10				1	11
	<i>Byrsonima coccolobifolia</i>	1	1		7		9
	<i>Byrsonima tuberosum</i>					4	4
Malvaceae	<i>Gaya domingensis</i>	1					1
	<i>Eriotheca pubescens</i>	1			1		2
Melastomataceae	<i>Prestonia erecta</i>		1	1			2
	<i>Miconia albicans</i>		1	2	3		6
	<i>Miconia burchellii</i>			6	26	3	35
	<i>Miconia theizans</i>		1				1

Legenda: ER (ecossistema de Referência); RAD 2(área de recuperação ambiental 2); RAD3 (área de recuperação ambiental 3); RAD 4(área de recuperação ambiental 4); RAD5 (área de recuperação ambiental 5). **Fonte:** Elaborado pelo autor, 2023.

Quadro 6 - Lista de família e espécies com número de indivíduos juvenis, encontrados para a fisionomia das áreas de estudo organizadas por ordem alfabética.

							Continuação
Família	Espécies	ER	RAD2	RAD3	RAD4	RAD5	Nº de Indivíduos
Myrtaceae	<i>Psidium guineense</i>	4	1	1	1		7
	<i>Eugenia dysenterica</i>	1	2			3	6
	<i>Eugenia bimarginata</i>				2	8	10
	<i>Eugenia punicifolia</i>		3	1		13	17
	<i>Campomanesia pubescens</i>	1	1		1	1	4
	<i>Eugenia pinifolia</i>	17					17
	<i>Myrcia eriocalyx</i>	1			5	2	8
Nyctaginaceae	<i>Neea theifera</i>			3			3
Ochnaceae	<i>Ouratea castaneifolia</i>	5		2	1		8
Oxalidaceae	<i>Oxalis densifolia</i>				4	1	5
	<i>Oxalis hirsutissima</i>	11			5		16
	<i>Oxalis frutescens</i>	1				2	3
Poaceae	<i>Echinolaena inflexa</i>					3	3
	<i>Axonopus pressus</i>	13				9	22
	<i>Trachypogon plumosus</i>	3				24	27
	<i>Panicum campestre</i>		1			2	3
	<i>Gymnopogon foliosus</i>	3			7	13	23
	<i>Cenchrus echinatus</i>		1				1
	<i>Panicum campestre</i>	5				13	18
Polygalaceae	<i>Polygala violacea</i>					5	5
Portulacaceae	<i>Portulaca mucronata</i>					1	1
Primulaceae	<i>Myrsine divaricata</i>	4				2	6
Proteaceae	<i>Roupala montana</i>	2					2
Rubiaceae	<i>Palicourea rigida</i>	1		1	3		5
	<i>Palicourea officinalis</i>			1			1
	<i>Declieuxia fruticosa</i>					1	1
	<i>Cordia rigida</i>	10				6	16
	<i>Cordia sessilis</i>					1	1
	<i>Diodia teres</i>	10			6	1	17

Legenda: ER (ecossistema de Referência); RAD 2(área de recuperação ambiental 2); RAD3 (área de recuperação ambiental 3); RAD 4(área de recuperação ambiental 4); RAD5 (área de recuperação ambiental 5). **Fonte:** Elaborado pelo autor, 2023.

Quadro 7 - Lista de família e espécies com número de indivíduos juvenis, encontrados para a fisionomia das áreas de estudo organizadas por ordem alfabética.

							Conclusão
Família	Espécies	ER	RAD2	RAD3	RAD4	RAD5	Nº de Indivíduos
Salicaceae	<i>Casearia sylvestris</i>	5		1	5	19	30
Solanaceae	<i>Solanum paniculatum</i>					1	1
	<i>Solanum subumbellatum</i>				1		1
Verbenaceae	<i>Lantana camara</i>		1			6	7
	<i>Lippia hederifolia</i>			1	4	4	9
	<i>Stachytarpheta reticulata</i>		1				1
Vochysiaceae	<i>Callisthene major</i>				1	5	6
	<i>Vochysia elliptica</i>		8	1	24	1	34
	<i>Vochysia elliptica</i>					2	2
	<i>Qualea multiflora</i>				1	1	2
	<i>Qualea parviflora</i>					7	7
	<i>Callisthene major</i>	1					1
TOTAL DE INDIVÍDUOS POR PARCELAS		212	120	54	260	348	994

Legenda: ER (ecossistema de Referência); RAD 2(área de recuperação ambiental 2); RAD3 (área de recuperação ambiental 3); RAD 4(área de recuperação ambiental 4); RAD5 (área de recuperação ambiental 5). **Fonte:** Elaborado pelo autor, 2023.

As espécies mais abundantes nas áreas amostradas foram *Erythroxylum decidum* (76) e *Distimake tomentosus* (66) apresentaram uma ampla distribuição nas cinco amostras estudadas, destacando-se como as espécies mais representativas em termos de abundância de indivíduos, sendo as únicas representantes das famílias em todas as amostras.

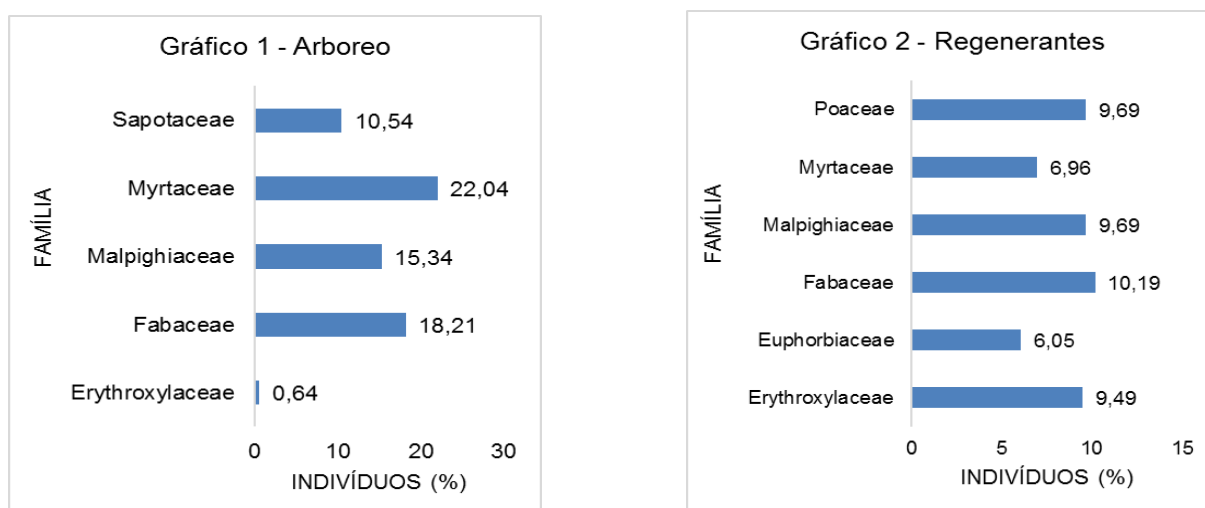
Os gráficos apresentados na figura 12 mostram a distribuição percentuais de indivíduos arbóreos e regenerantes pertencentes a diferentes famílias botânicas. As famílias e seus respectivos percentuais de indivíduos são os seguintes:

No gráfico 1, indivíduos arbóreos, a família Myrtaceae apresenta a maior porcentagem de indivíduos arbóreos, com 22,04%. Esta predominância sugere que espécies dessa família são bem adaptadas às condições locais, desempenhando um papel importante na estrutura da vegetação; a Fabaceae, com 18,21%, é a segunda família mais representativa em termos de indivíduos arbóreos. Esta família

é conhecida pela sua capacidade de fixação de nitrogênio, o que pode contribuir para a fertilidade do solo e o suporte de outras plantas. Com 15,34%, a Malpighiaceae também tem uma presença significativa na área de estudo. As espécies desta família podem estar bem adaptadas ao clima e solo específicos da região, a Sapotaceae representa 10,54% dos indivíduos. Apesar de menos representativa que as famílias anteriores, ainda desempenha um papel relevante na composição arbórea da área e a Erythroxylaceae apresenta a menor porcentagem, com apenas 0,64%. Isso indica uma presença muito limitada de espécies dessa família na área de estudo, possivelmente devido a fatores ecológicos específicos que não favorecem seu crescimento.

A análise do gráfico revela que a composição arbórea da área de estudo é dominada pelas famílias Myrtaceae e Fabaceae, seguidas por Malpighiaceae e Sapotaceae, com uma presença mínima de Erythroxylaceae. A predominância das famílias Myrtaceae e Fabaceae sugere que as espécies dessas famílias são particularmente bem adaptadas às condições ambientais locais, podendo ser cruciais para a manutenção e sustentabilidade do ecossistema.

Figura 12 – Gráficos das Famílias com maior representatividade de indivíduos arbóreos e regenerantes nos estratos amostrados



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Quanto a análise de regenerantes (GRÁFICO 2), a família Fabaceae apresenta a maior porcentagem de indivíduos, com 10,19%. Isso indica que as espécies dessa família têm uma alta capacidade de regeneração, possivelmente devido à sua habilidade de fixar nitrogênio, o que melhora a fertilidade do solo e facilita a adaptação nos solos degradados. Com 9,69%, a Poaceae também está entre as famílias mais representativas entre os regenerantes. Esta família inclui muitas gramíneas, que são pioneiras na colonização de áreas perturbadas, contribuindo para a estabilização do solo e facilitando o estabelecimento de outras espécies. Outra família representativa é a Malpighiaceae, também com 9,69%. Ela pode estar bem adaptada às condições locais e desempenhar um papel importante na recuperação de áreas degradadas.

Com 9,49%, a Erythroxylaceae tem uma presença notável entre os regenerantes, diferentemente do que foi observado entre os indivíduos arbóreos. Isso sugere que as espécies dessa família têm boas condições para regeneração inicial, mesmo que sua presença entre indivíduos adultos seja menor, a Myrtaceae representa 6,96% dos indivíduos regenerantes. Embora seja uma das principais famílias entre os arbóreos, sua taxa de regeneração é menor em comparação com outras famílias, o que pode indicar uma taxa de crescimento mais lenta ou requisitos específicos de germinação. Com 6,05%, a Euphorbiaceae é a menos representativa entre os regenerantes. Isso pode indicar que as espécies dessa família têm uma capacidade de regeneração mais limitada ou que dependem de condições ambientais específicas para regenerar com sucesso.

Nas análises realizadas, fica evidente que as famílias mais proeminentes encontradas no perfil florístico das áreas em processo de restauração foram: Myrtaceae, com 29,0%, sendo a mais predominante entre os indivíduos arbóreos, mas com a regeneração mais limitada; Fabaceae, com 28,40% e grande representatividade tanto entre os indivíduos arbóreos quanto entre os regenerantes, devido à sua capacidade de fixação de nitrogênio e contribuição para a fertilidade do solo, sendo muito importante na estrutura do ecossistema estudado. Outras famílias como a Malpighiaceae, que representa 25,03% do total, apresenta uma boa adaptação tanto em indivíduos arbóreos quanto regenerantes; Sapotaceae, com 20,23% desempenha um papel fundamental na regeneração inicial de áreas degradadas e, por fim, Erythroxylaceae, representando 10,13%. Apesar de sua

baixa presença entre os arbóreos, mostra uma capacidade regenerativa significativa dos espécimes analisados.

Evidenciado por Souza; Lorenzi (2005); Gonzaga *et al.* (2013), a Myrtaceae é também uma das maiores famílias da flora brasileira e, também ganhou destaque na floresta ciliar do Córrego dos Bois, no norte de Minas Gerais, contribuindo com a riqueza de espécies neste ecossistema. Conforme mencionado por Silva (2009), a família Myrtaceae abrange espécies que exibem adaptações à saturação hídrica, características típicas dos ambientes formados pelos ecossistemas assumindo grande importância ecológica nas vegetações ripárias.

As demais famílias identificadas na amostra contribuíram de forma mais modesta para a diversidade, variando de 0,1% a 8,0%. É importante ressaltar que essas porcentagens indicam a proporção relativa de cada família em relação ao número total de plantas amostradas. Esses resultados são relevantes para a compreensão da composição e diversidade das plantas presentes na área em análise. Esses dados revelam a distribuição e a abundância relativa das diferentes espécies na área de estudo.

Foi elaborada uma enumeração das espécies identificadas, cujos comportamentos foram coletados e validados em consonância com o Checklist de 12.356 espécies delineado por Mendonça *et al.* (2008). Este referencial contemplou as categorias "árvore", "arvoreta", "arbusto", "subarbusto", "herbáceo" e "trepadeira" (abrangendo as lianas). No escopo deste estudo, os comportamentos das espécies foram categorizados em 10 agrupamentos: arbóreo, arbustivo, arvoreto, arbóreo/arbustivo, arbóreo/arvoreto, subarbustivo, herbáceo, trepadeira, ervas e lianas, conforme detalhado nos estratos arbóreos (Quadro 3) e estratos regenerantes (Quadro 4). Esta abordagem metodológica proporcionou uma análise holística dos comportamentos vegetais, facultando uma compreensão mais abrangente da estrutura e composição da comunidade vegetal investigada.

A análise da distribuição dos hábitos vegetais dos estratos arbóreos revela predominância expressiva de árvores, com 54,76% dos indivíduos observados pertencendo a essa categoria, seguidos pelos arbustos, representando 21,43% da amostra. Os arvoretos e as formas de transição entre árvores e arbustos apresentam uma menor representatividade, contribuindo com 14,29% e 4,76%, respectivamente. Esta distribuição sugere uma estrutura vegetacional em que as árvores

desempenham um papel central, constituindo a maior parte da cobertura vegetal, enquanto os arbustos, embora menos numerosos, também exercem uma influência significativa na composição do ecossistema. Por outro lado, os arvoretos e formas de transição entre arbustos e árvores são menos prevalentes nas áreas amostradas.

Quadro 3 – Classificação das espécies arbóreas quanto ao seu hábito, grupo ecológico e síndrome de dispersão.

Continuação				
Família	Espécies	H	CS	SD
Annonaceae	<i>Annona crassiflora</i>	A/AB	SI	ANE
Apocynaceae	<i>Adpidosperma tomentosum</i>	A	P	ZOO
Apocynaceae	<i>Aspidosperma tomentosum</i>	A/AB	P	ANE
	<i>Barjonia erecta</i>	A/AT	P	ZOO
Araliaceae	<i>Schefflera macrocarpa</i>		NI	
Asteraceae	<i>Lychnophora salicifolia</i>	AT	P	ANE
Bignoniaceae	<i>Handroanthus ochraceus</i>	AB	P	ANE
Calophyllaceae	<i>Kiellmeyera coriacea</i>	AB	S	ANE
	<i>Kiellmeyera lathrophyton</i>	A	P/S	ZOO
Caryocaraceae	<i>Caryocar brasiliensis</i>	AT		ZOO
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum deciduum</i>	AB	NP	ZOO
	<i>Erythroxylum citrifolium</i>	A	S	AUTO
Euphorbiaceae	<i>Maprounea guianensis</i>	A	P	AUT
	<i>Stryphnodendron adstringens</i>	A	S	ANE
	<i>Senna velutina</i>	A	P/S	ANE
	<i>Dalbergia miscolobium</i>	A	P/S	ANE
	<i>Dimorphandra mollis</i>	A	C	AUT
Fabaceae	<i>Machaerium opacum</i>	A	NP	ZOO
	<i>Hymenaea stigonocarpa</i>	A	S	ANE
	<i>Bauhinia rufa</i>	A	NP	ANE
	<i>Bowdichia virgilioides</i>	AB	P	AUT
	<i>Enterolobium gummiferum</i>	AT	P	AUT
	<i>Leptolobium dasycarpum</i>	AB	S	ZOO

Legenda: HT= Hábito, (A=Árvore; A/AB=Árvore/Arbusto; AB=Arbusto; AT=Arvoreto; A/AT=Árvore/Arvoreto; HB=herbáceo; EV=Erva; TR=Trepadeira; L=Liana; SUB=Subarbustivo); GE=Grupo ecológico, (P=Pioneira; NP= Não pioneira; P/S=Pioneira/Secundária; S=Secundária; SI=Secundário inicial; C=Climax; S/C= Secundário/Climax;); SD= Síndrome de dispersão, (ANE=Anemócorica, ZOO=Zoocórica; AUT=Autocórica).

Fonte: Elaborada pelo autor, 2023.

Quadro 3 – Classificação das espécies arbóreas quanto ao seu hábito, grupo ecológico e síndrome de dispersão.

				Conclusão
Família	Espécies	H	GE	SD
Loganiaceae	<i>Strychnos pseudoquina</i>	AT	S/P	ZOO
Malpighiaceae	<i>Heteropterys byrsonimifolia</i>	A	NP	ZOO
	<i>Byrsonima coccolobifolia</i>	AT	P	ZOO
Malvaceae	<i>Eriotheca pubescens</i>	AB	P	ZOO
Melastomataceae	<i>Miconia burchellii</i>	AB	P	ZOO
Myrtaceae	<i>Eugenia dysenterica</i>	AB	S	ZOO
	<i>Myrcia racemulosa</i>	A	P	ZOO
	<i>Eugenia cordata</i>	A	S	ZOO
Nyctaginaceae	<i>Guapira noxia</i>	AT	NP	ZOO
Primulaceae	<i>Myrsine guianensis</i>	A	P	ANE
Proteaceae	<i>Roupala montana</i>	A	P	ZOO
Rubiaceae	<i>Tocoyena formosa</i>	AB	P	ZOO
Sapotaceae	<i>Pouteria ramiflora</i>	A	P	ZOO
Vochysiaceae	<i>Salvertia convallariodora</i>	A	P	ANE
	<i>Vochysia elliptica</i>	A	P	ANE
	<i>Qualea grandiflora</i>	ARV	P	ANE
	<i>Qualea parviflora</i>		P	ANE
	<i>Qualea parviflora</i>	A	C	ANE
	<i>Vochysia rufa</i>	A	P	ANE

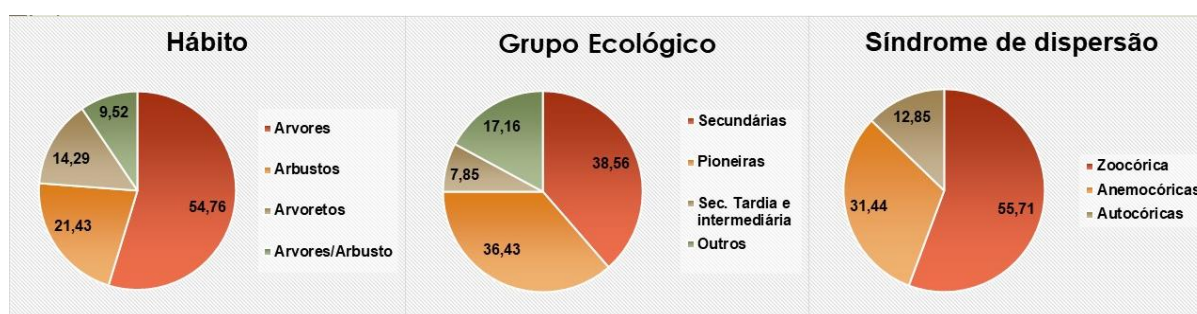
Legenda: HT= Hábito, (A=Árvore; A/AB=Árvore/Arbusto; AB=Arbusto; AT=Arvoreto; A/AT=Árvore/Arvoreta; HB=herbáceo; EV=Erva; TR=Trepadeira; L=Liana; SUB=Subarbustivo); GE=Grupo ecológico, (P=Pioneira; NP= Não pioneira; P/S=Pioneira/Secundária; S=Secundário; Si=Secundário inicial; C=Climax; S/C= Secundário/Climax;); SD= Síndrome de dispersão, (ANE=Anemócorica, ZOO=Zoocórica; AUT=Autocórica).

Fonte: Elaborada pelo autor, 2023.

Nos grupos ecológicos, evidencia-se que as espécies secundárias (S) apresentam a maior proporção de germinação, com 54 ocorrências, representando 38,56% do total. Em seguida, as espécies pioneiras (P) também possuem uma proporção considerável, com 51 ocorrências, equivalente a 36,43% do conjunto. Além disso, há uma presença significativa de espécies secundárias tardias (ST) e intermediárias (SI), ambas com 11 ocorrências, representando 7,85% cada uma.

As espécies exóticas (EX) e clímax (C) apresentam as menores proporções de germinação, com apenas 2 ocorrências cada, correspondendo a 1,42% do total. Esses resultados evidenciam uma diversidade de estágios de sucessão ecológica na área estudada, com diferentes espécies contribuindo para a colonização e estabelecimento da vegetação em diferentes momentos do processo sucessional.

Figura 13 – Gráficos de classificação das espécies arbóreas quanto ao seu hábito, grupo ecológico e síndrome de dispersão



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

A maior parte das espécies (Quadro 4), são arbustos (32,86%) e árvores (17,14%), seguidos por herbáceas (17,14%) e ervas (11,43%). Espécies subarbustivas e lianas são menos comuns, representando 1,43% e 0,71%, respectivamente. A prevalência de arbustos e árvores indica uma vegetação mais densa e diversificada, típica do cerrado. As espécies pioneiras (37,14%) e não pioneiras (25,72%) são as mais prevalentes, sugerindo uma fase de sucessão ecológica ativa com a presença de espécies que iniciam e continuam o processo de recuperação do ecossistema. Espécies secundárias iniciais (12,86%) e intermediárias (12,14%) também são significativas, indicando diversidade nos estágios sucessivos de crescimento e desenvolvimento. A zoocoria (62,86%) é a forma mais comum de dispersão, seguida pela anemocoria (29,29%) e autocoria (7,86%). A prevalência da zoocoria sugere que os animais desempenham um papel crucial na dispersão de sementes, promovendo a biodiversidade e a resiliência do ecossistema.

Quadro 4 - Classificação das espécies regenerantes quanto ao seu hábito, grupo ecológico e síndrome de dispersão.

Continuação				
Família	Espécies	H	GE	SD
Amaranthaceae	<i>Gomphrena arborescens</i>	A/AB	ST	ZOO
	<i>Anacardium nanus</i>	A/AB	ST	ZOO
	<i>Anacardium humile</i>	A/AB	ST	ZOO
Annonaceae	<i>Annona monticola</i>	A/AB	ST	ZOO
	<i>Duguetia furfuracea</i>	A/AB	ST	ZOO
	<i>Duguetia ferruginea</i>	A	NP	ANE
	<i>Xilopia aromatica</i>	A/AB	NP	ZOO
	<i>Annona tomentosa</i>	A	NP	ANE
Apocynaceae	<i>Barjonia erecta</i>	A/AB	I	ZOO
Araliaceae	<i>Schefflera macrocarpa</i>	A/AB	NP	ZOO
Asteraceae	<i>Centratherum punctatum</i>	HB	P	ANE
	<i>Emilia fosbergii</i>	EV	NP	ANE
	<i>Trichogonia salviifolia</i>	AB	Si	ANE
	<i>Baccharis trimera</i>	AB	Si	ANE
	<i>Trichogonia salviifolia</i>	AB	P/Si	ANE
Bignoniaceae	<i>Anemopaegma arvense</i>	SUB	NP	AUT
	<i>Cuspidaria sceptrum</i>	TR	T	ANE
	<i>Anemopaegma longipetiolatum</i>	TR	I	ZOO
	<i>Cybistax antisiphilitica</i>	A	NP	ANE
	<i>Jacaranda irwinii</i>	A/AB	I	ZOO
	<i>Jacaranda irwinii</i>	A/AB	I	ZOO

Legenda: HT= Hábito, (Arv=Árvore; Arv/AB=Árvore/Arbusto; AB=Arbusto; AT=Arvoreta; A/AT=Árvore/Arvoreta; HB=herbáceo; EV=Ervá; TR=Trepadeira; L=Liana; SUB=Subarbustivo); GE=Grupo ecológico, (P=Pioneira; NP= Não pioneira; P/S=Pioneira/Secundária; S=Secundário; Si=Secundário inicial; C=Climax; NE=Nativo e endêmico; ST=Secundário tardio; SI= Secundário intermediário; I=Intermediário; EX= exótico); SD=Síndrome de dispersão; (ANE=Anemócorica, ZOO=Zoocórica; AUT=Autocórica).

Fonte: Elaborada pelo autor, 2023.

Quadro 4 - Classificação das espécies regenerantes quanto ao seu hábito, grupo ecológico e síndrome de dispersão.

Continuação				
Família	Espécies	H	GE	SD
Boraginaceae	<i>Euploca procumbens</i>	HB	Si	ANE/AUT
	<i>Dyckia sp.</i>	SU	I	ZOO
Bromeliaceae	<i>Bromelia balansae</i>	AB	P	ZOO
	<i>Bromelia balansae</i>	AB	P	ZOO
Calophyllaceae	<i>Kielmeyera coriacea</i>	AB	NP	ANE
Caryocaraceae	<i>Caryocar brasiliense</i>	A	NP	ZOO
Celastraceae	<i>Salacia crassifolia</i>	AB	P	ZOO
Clusiaceae	<i>Clusia nemorosa</i>	AB	I	ZOO
Connaraceae	<i>Rourea induta</i>	AB	NP	ZOO
Convolvulaceae	<i>Evolvulus glomeratus</i>	HB	Si	ZOO
	<i>Evolvulus sericeus</i>	HB	P	ZOO
Cyperaceae	<i>Bulbostylis paradoxa</i>	HB	P	ANE
	<i>Cyperus capilaris</i>	HB	P	ANE
	<i>Rynchospora consanguinea</i>	HB	P	ANE
	<i>Cyperus consanguineus</i>	HB	P	ANE
Dilleniaceae	<i>Davilla elliptica</i>	A	S	ZOO
Ericaceae	<i>Erica sp.</i>	AB	P	ZOO
	<i>Lychnophora passerina</i>	HB	I	ANE
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum deciduum</i>	AB	NP	ZOO
	<i>Erythroxylum microphyllum</i>	A	I	ZOO
	<i>Erythroxylum tortuosum</i>	AB	NP	ZOO
	<i>Erythroxylum daphnites</i>	AB	NP	ZOO
	<i>Erythroxylum campestre</i>	AB	NP	ZOO
	<i>Erythroxylum betulaceum</i>	A	I/T	ZOO
Euphorbiaceae	<i>Microstachys daphnoides</i>	AB	I	ZOO
	<i>Maprounea guianensis</i>	A	I/T	ZOO
	<i>Euphorbia viscoidea</i>	HB	S	ANE
	<i>Manihot tripartita</i>	HB	I	ANE

Legenda: HT= Hábito, (Arv=Árvore; Arv/AB=Árvore/Arbusto; AB=Arbusto; AT=Arvoreta; A/AT=Árvore/Arvoreta; HB=herbáceo; EV=Erva; TR=Trepadeira; L=Liana; SUB=Subarbustivo); GE=Grupo ecológico, (P=Pioneira; NP= Não pioneira; P/S=Pioneira/Secundária; S=Secundário; Si=Secundário inicial; C=Climax; NE=Nativo e endêmico; ST=Secundário tardio; SI= Secundário intermediário; I=Intermediário; EX= exótico); SD=Síndrome de dispersão; (ANE=Anemócorica, ZOO=Zoocórica; AUT=Autocórica).

Fonte: Elaborada pelo autor, 2023.

Quadro 4 - Classificação das espécies regenerantes quanto ao seu hábito, grupo ecológico e síndrome de dispersão

Continuação				
Família	Espécies	H	GE	SD
Fabaceae	<i>Andira humilis</i>	AB	NP	ZOO
	<i>Stryphnodendron adstrigens</i>	AT	NP	AUT
	<i>Calliandra brevipes</i>	AB	ST	ZOO
	<i>Calliandra virgata</i>	AB	ST	ZOO
	<i>Senna rugosa</i>	AB	P	AUT
	<i>Dalbergia miscolobium</i>	A	NP	ANE
	<i>Mimosa pudica</i>	HB	P	ZOO
	<i>Clitoria guianensis</i>	TR	Si	ZOO
	<i>Chamaecrista repens</i>	HB	P	ZOO
	<i>Dimorphandra mollis</i>	A	NP	ANE
	<i>Crotalaria maypurensis</i>	HB	P	ZOO
	<i>Machaerium opacum</i>	A	NP	ANE
	<i>Andira humilis</i>	AB	NP	ZOO
	<i>Chamaecrista ramosa</i>	HB	P	ANE
	<i>Stylosanthes guianensis</i>	SUB	P	AUT
	<i>Stylosanthes viscosa</i>	HB	P	ANE
	<i>Chamaecrista mimosoides</i>	HB	P	ANE
	<i>Mimosa osmarii</i>	AB	P	ZOO
	<i>Dioclea virgata</i>	TR	P	ZOO
	<i>Chamaecrista desvauxii</i>	HB	P	ANE
	<i>Bionia coriacea</i>	TR	P	ZOO
	<i>Enterolobium gummiiferum</i>	A	C	AUT
	<i>Bauhinia rufa</i>	A	NP	AUT
Iridaceae	<i>Pseudotrimezia juncifolia</i>	HB	P	ANE
Lythraceae	<i>Cuphea micrantha</i>	HB	P	ANE
	<i>Diplusodon oblongus</i>	HB	P	ANE

Legenda: HT= Hábito, (Arv=Árvore; Arv/AB=Árvore/Arbusto; AB=Arbusto; AT=Arvoreta; A/AT=Árvore/Arvoreta; HB=herbaceo; EV=Ervã; TR=Trepadeira; L=Liana; SUB=Subarbustivo); GE=Grupo ecológico, (P=Pioneira; NP= Não pioneira; P/S=Pioneira/Secundária; S=Secundário; Si=Secundário inicial; C=Climax; NE=Nativo e endêmico; ST=Secundário tardio; SI= Secundário intermediário; I=Intermediário; EX= exótico); SD=Síndrome de dispersão; (ANE=Anemócorica, ZOO=Zoocórica; AUT=Autocórica).

Fonte: Elaborada pelo autor, 2023.

Quadro 4 - Classificação das espécies regenerantes quanto ao seu hábito, grupo ecológico e síndrome de dispersão

Continuação				
Família	Espécies	H	GE	SD
Malpighiaceae	<i>Camarea affinis</i>	HB	P	ANE
	<i>Camarea ericoides</i>	HB	P	ANE
	<i>Banisteriopsis caapi</i>	L	Si	ZOO
	<i>Banisteriopsis campestris</i>	A	Si	ZOO
	<i>Byrsonima campestris</i>	A	Si	ZOO
	<i>Banisteriopsis gardneriana</i>	TR	Si	ANE
	<i>Banisteriopsis malifolia</i>	TR	Si	ANE
	<i>Heteropterys coriacea</i>	TR	Si	ANE
	<i>Heteropterys byrsonimifolia</i>	A	NP	ZOO
	<i>Diplopterys pubipetala</i>	TR	Si	ANE
	<i>Banisteriopsis stellaris</i>	TR	Si	ANE
	<i>Byrsonima Basiloba</i>	A	NP	ZOO
	<i>Byrsonima verbascifolia</i>	AB	NP	ZOO
	<i>Byrsonima intermedia</i>	AB	P	ZOO
	<i>Byrsonima sericea</i>	A	P	ZOO
	<i>Byrsonima laxiflora</i>	AB	Si	ZOO
	<i>Byrsonima crassifolia</i>	AB	P	ZOO
	<i>Byrsonima coccolobifolia</i>	AB	Si	ZOO
	<i>Byrsonima tuberosum</i>	AB	P	ZOO
Malvaceae	<i>Eriotheca pubescens</i>	AT	NP	ZOO
Melastomataceae	<i>Miconia albicans</i>	AB	T	ZOO
	<i>Trembleya phlogiformis</i>	AB	T	ZOO
	<i>Miconia burchellii</i>	AB	P	ZOO
	<i>Miconia theizans</i>	A	P	ZOO

Legenda: HT= Hábito, (Arv=Árvore; Arv/AB=Árvore/Arbusto; AB=Arbusto; AT=Arvoreta; A/AT=Árvore/Arvoreta; HB=herbaceo; EV=Erva; TR=Trepadeira; L=Liana; SUB=Subarbustivo); GE=Grupo ecológico, (P=Pioneira; NP= Não pioneira; P/S=Pioneira/Secundária; S=Secundário; Si=Secundário inicial; C=Climax; NE=Nativo e endêmico; ST=Secundário tardio; SI= Secundário intermediário; I=Intermediário; EX= exótico); SD=Síndrome de dispersão; (ANE=Anemócorica, ZOO=Zoocórica; AUT=Autocórica).

Fonte: Elaborada pelo autor, 2023.

Quadro 4 - Classificação das espécies regenerantes quanto ao seu hábito, grupo ecológico e síndrome de dispersão

Continuação				
Família	Espécies	H	GE	SD
Myrtaceae	<i>Psidium guineense</i>	AB	I	ZOO
	<i>Eugenia dysenterica</i>	AB	S	ZOO
	<i>Eugenia bimarginata</i>	AT	NP	ZOO
	<i>Eugenia punicifolia</i>	AB	S	ZOO
	<i>Campomanesia pubescens</i>	A/AB	S	ZOO
	<i>Eugenia pinifolia</i>	A	SI	ZOO
	<i>Myrcia eriocalyx</i>	A/AB	SI	ZOO
Nyctaginaceae	<i>Neea theifera</i>	A	SI	ZOO
Ochnaceae	<i>Ouratea castaneifolia</i>	A	ST	ZOO
Oxalidaceae	<i>Oxalis densifolia</i>	HB	P	AUT
	<i>Oxalis hirsutissima</i>	HB	P	AUT
	<i>Oxalis frutescens</i>	AB	P	AUT
Poaceae	<i>Echinolaena inflexa</i>	EV	P	AUT
	<i>Axonopus pressus</i>	EV	P	AUT
	<i>Trachypogon plumosus</i>	EV	P	AUT
	<i>Panicum campestre</i>	EV	P	AUT
	<i>Gymnopogon foliosus</i>	EV	P	AUT
	<i>Cenchrus echinatus</i>	EV	P	ZOO
	<i>Panicum campestre</i>	EV	P	AUT
Polygalaceae	<i>Polygala violacea</i>	AB	S	ZOO
Portulacaceae	<i>Portulaca mucronata</i>	HB	P	AUT
Primulaceae	<i>Myrsine divaricata</i>	AT	NP	ZOO
Proteaceae	<i>Roupala montana</i>	A	NP	ANE
Rubiaceae	<i>Palicourea rigida</i>	A	P	ZOO
	<i>Palicourea officinalis</i>	AB	P	ZOO
	<i>Declieuxia fruticosa</i>	AB	P/CO	ZOO
	<i>Cordia rigida</i>	AB	S	ZOO
	<i>Cordia sessilis</i>	A	NP	ZOO
	<i>Diodia teres</i>	HB	EX	ZOO

Legenda: HT= Hábito, (Arv=Árvore; Arv/AB=Árvore/Arbusto; AB=Arbusto; AT=Arvoreta; A/AT=Árvore/Arvoreta; HB=herbáceo; EV=Erva; TR=Trepadeira; L=Liana; SUB=Subarbustivo); GE=Grupo ecológico, (P=Pioneira; NP= Não pioneira; P/S=Pioneira/Secundária; S=Secundário; SI=Secundário inicial; C=Climax; NE=Nativo e endêmico; ST=Secundário tardio; SI= Secundário intermediário; I=Intermediário; EX= exótico); SD=Síndrome de dispersão; (ANE=Anemócorica, ZOO=Zoocórica; AUT=Autocórica).

Fonte: Elaborada pelo autor, 2023.

Quadro 4 - Classificação das espécies regenerantes quanto ao seu hábito, grupo ecológico e síndrome de dispersão

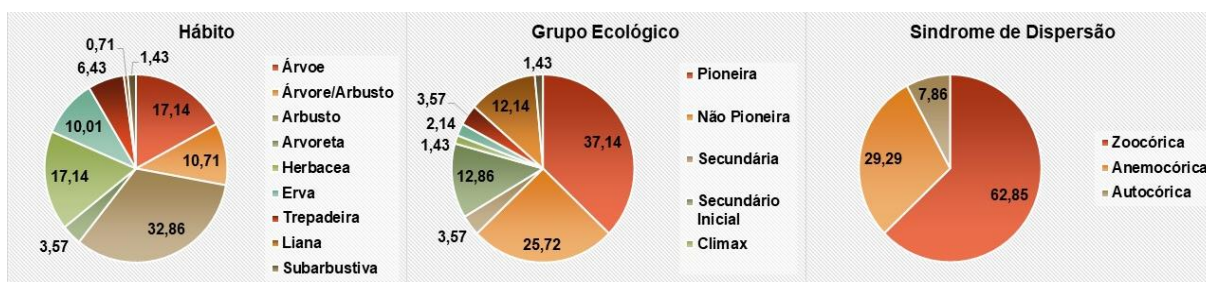
				Conclusão
Família	Espécies	H	GE	SD
Salicaceae	<i>Casearia sylvestris</i>	A	P	ZOO
Solanaceae	<i>Solanum paniculatum</i>	AB	P	ANE
	<i>Solanum subumbellatum</i>	HB	EX	ZOO
Verbenaceae	<i>Lantana camara</i>	AB	P	ZOO
	<i>Lippia hederifolia</i>	HB	P	ANE
	<i>Stachytarpheta reticulata</i>	SUB	NP	ANE
Vochysiaceae	<i>Callisthene major</i>	A/AB	NP	ANE
	<i>Vochysia elliptica</i>	A	C	ANE
	<i>Vochysia elliptica</i>	A/AB	NP	ANE
	<i>Qualea multiflora</i>	AT	NP	ANE
	<i>Qualea parviflora</i>	A	NP	ANE
	<i>Callisthene major</i>	A	NE	ANE

Legenda: HT= Hábito, (Arv=Árvore; Arv/AB=Árvore/Arbusto; AB=Arbusto; AT=Arvoreta; A/AT=Árvore/Arvoreta; HB=herbáceo; EV=Ervá; TR=Trepadeira; L=Liana; SUB=Subarbustivo); GE=Grupo ecológico, (P=Pioneira; NP= Não pioneira; P/S=Pioneira/Secundária; S=Secundário; Si=Secundário inicial; C=Climax; NE=Nativo e endêmico; ST=Secundário tardio; SI= Secundário intermediário; I=Intermediário; EX= exótico); SD=Síndrome de dispersão; (ANE=Anemócorica, ZOO=Zoocórica; AUT=Autocórica).

Fonte: Elaborada pelo autor, 2023.

Diante desse contexto, fica evidente que tanto a zoocoria quanto a anemocoria desempenham papéis significativos na manutenção do equilíbrio ecológico das áreas amostradas. Essa constatação destaca a importância fundamental de direcionar esforços para a conservação desses processos ecológicos, conforme discutido por Macedo *et al.* (2014).

Figura 14 – Gráficos de classificação das espécies regenerantes quanto ao seu hábito, grupo ecológico e síndrome de dispersão



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

A prevalência de espécies zoocóricas, seguida pelas anemocóricas, com uma presença reduzida de espécies autocóricas no estrato arbóreo, é uma observação recorrente em áreas de Cerrado. Weiser e Godoy (2001) identificaram esse padrão em Santa Rita do Passa Quatro. Da mesma forma, Martins *et al.* (2004) constataram essa tendência em áreas de Cerrado stricto sensu em Itirapina, São Paulo, com uma proporção maior de espécies zoocóricas, seguidas pelas anemocóricas e autocóricas. Prado Junior *et al.* (2012) também corroboraram esse padrão em Monte Carmelo, concordando com Abrahamson e Taylor (2011), que enfatizam a zoocórica como o principal processo de dispersão em ecossistemas tropicais.

Em um ecossistema contíguo caracterizado por diversas fitofisionomias, incluindo cerradão, mata ciliar, mata de galeria e campos sujos (Camilotti *et al.*, 2011), notou-se que as síndromes de dispersão zoocórica (48%) e anemocórica (38,7%) emergiram como as mais proeminentes. Contudo, a proporção das síndromes de dispersão varia entre as diferentes fitofisionomias do cerrado.

Conforme indicado por Conceição *et al.* (2011), “ao classificar as espécies considerando conjuntamente a síndrome de dispersão em três fisionomias (cerrado sensu stricto, cerradão e campo sujo), constatou-se que a dispersão zoocórica equivalia à anemocórica”. Entretanto, ao examinar cada tipologia individualmente, observou-se uma predominância da dispersão anemocórica. Em contraste, na vegetação de cerrado *sensu stricto* do Cariri, prevaleceu uma maior proporção de espécies zoocóricas, sugerindo ser uma característica distintiva desse fragmento vegetacional (Oliveira *et al.*, 2018).

Os índices de diversidade de Shannon-Weaver dos estratos arbóreo e regenerante das áreas amostrais (RAD's e ER) foram, respectivamente, ER: 2,89 e 3,78; RAD2: 1,29 e 2,84; RAD3: 1,48 e 2,82; RAD4: 2,35 e 3,54; RAD5 1,85 e 3,62. Os índices de equabilidade de Pielou encontrados foram ER: 0,87 e 0,90; RAD2: 0,72 e 0,81; RAD3: 0,71 e 0,87; RAD4: 0,87 e 0,90; RAD5: 0,72 e 0,86.

Neste estudo, investigaram-se os índices de diversidade de Shannon-Weaver nos estratos arbóreo e regenerante, revelando uma ampla gama de variação, indicativa das condições distintas de diversidade em cada ambiente estudado. No estrato arbóreo, os índices variaram entre 1,29 e 2,89, destacando a heterogeneidade nos níveis de diversidade e nos estratos regenerantes, os índices de diversidade variaram entre 2,82 e 3,78, revelando uma ampla diversidade. De acordo com Borghi *et al.* (2004) “este valor evidencia um padrão médio de riqueza de espécies quando comparado com florestas ciliares da região sudeste, onde os valores de diversidade variam entre 2,45 e 4,33. Este resultado indica haver uma heterogeneidade florística do componente arbóreo-arbustivo. Durães (2011) observou um índice de Shannon-Weaver de 3,61 para o córrego dos Bois, no Parque Estadual da Lapa Grande, município de Montes Claros. Os resultados de diversidade de Shannon-Weaver dos estratos arbóreo e regenerante com os observados por Durães (2011) indica diferenças significativas nos níveis de diversidade. os resultados de diversidade de Shannon-Weaver dos estratos arbóreo e regenerante com os observados por Durães (2011) indica diferenças significativas nos níveis de diversidade.

Ao comparar os resultados dos dois conjuntos de dados, observamos padrões distintos de diversidade em diferentes contextos ambientais. No Ecossistema de Referência (ER), ambos os conjuntos de dados indicam uma diversidade considerável, com índices de diversidade H' de 1,29 e 3,79, respectivamente, sugerindo a presença de uma variedade significativa de espécies.

No entanto, ao examinar as áreas em processo de recuperação (RAD 2, RAD 3, RAD 4 e RAD 5), observou-se uma variabilidade na diversidade das comunidades. Enquanto os valores de diversidade para RAD 2 e RAD 3 ainda indicam uma diversidade relativamente baixa, com índices H' de (1,29 e 1,48), respectivamente, é notada uma redução significativa em comparação com o ER. Por outro lado, as amostras RAD 4 e RAD 5 exibem uma diversidade extremamente alta,

com índices H' de (2,35 e 2,79) para RAD 4 (arbóreo), e (3,54 e 3,62) para RAD 5 (regenerante), respectivamente.

Em resumo, os resultados indicam que as áreas em processo de recuperação podem exibir uma ampla gama de respostas em termos de diversidade, com algumas áreas mostrando uma recuperação eficaz da biodiversidade, enquanto outras podem enfrentar desafios adicionais. Essas descobertas são cruciais para orientar estratégias de manejo e conservação, visando promover a recuperação sustentável de ecossistemas degradados e a preservação da biodiversidade.

Ao analisar os dados de equabilidade de Pielou e diversidade de Shannon-Weaver para os estratos arbóreos investigados, observaram-se padrões distintos que refletem a resposta da vegetação a fatores ambientais e histórico de perturbações. No Ecossistema de Referência (ER) foi de 0,89, indicando uma distribuição relativamente uniforme, bem como na área de recuperação ambiental 4 (RAD 4) 0,89, foi observada também uma equabilidade relativamente alta, indicando uma distribuição uniforme das espécies. Isso sugere uma estabilidade ecológica nessas áreas, com uma diversidade de espécies bem distribuída. Por outro lado, as menores equabilidades foram observadas na RAD3 e na RAD5, (0,72 e 0,72), sugerindo uma distribuição menos uniforme das espécies nessas regiões.

Por outro lado, as menores equabilidades de Pielou foram observadas nas seguintes áreas: Na RAD 2, o índice J foi de 0,717, sugerindo uma distribuição menos uniforme das espécies nessa região. Na RAD 3, a equabilidade de Pielou foi de 0,72, indicando também uma menor uniformidade na distribuição das espécies nessa área. Esses resultados indicam que os estratos de ER e RAD 4 são os mais representativos e uniformes em termos de diversidade de espécies dentro do escopo deste estudo. Vale ressaltar que algumas espécies são consideradas raras e estão sujeitas a desaparecer do ambiente com maior facilidade.

Conforme estabelecido por Durães (2011), é possível inferir através do índice de equabilidade de Pielou, representado por $J'(0,82)$, que elevados valores de equabilidade denotam uma distribuição altamente homogênea das abundâncias das espécies identificadas, implicando em uniformidade no tamanho populacional. A elevada equabilidade indica uma diminuição na dominância ecológica, indicando que diversas espécies contribuem significativamente para a composição da comunidade de organismos investigada (Gonzaga, 2013).

Os resultados obtidos foram de 2,89 nats/ind e 3,78 nats/ind.; 0,93 e 0,97 respectivamente. Esses índices indicam uma alta diversidade florística, corroborada pelo número significativo de espécies identificadas. De acordo com estudos anteriores (Pielou, 1975; Martins, 1990), os valores de diversidade de Shannon geralmente variam entre 1,5 e 3,5 nats/ind, raramente ultrapassando 4,5. A diversidade encontrada na área estudada, medida pelo índice de Shannon-Winner, é comparável a algumas regiões do Bioma Cerrado, no Brasil Central (QUADRO 5). No entanto, é importante notar que este índice é relativamente igual em comparação com outras áreas de cerrado *sensu stricto*.

Quadro 5 - Riqueza, dominância e diversidade: uma comparação entre diversas áreas

Local	Riqueza	Família	Índice Shannon	Área	Referência
ER	213	28	3,778	0,98	Presente Trabalho
RAD 4	273	26	3,539	1,7	Presente Trabalho
RAD 5	354	24	3,615	0,97	Presente Trabalho
CHABAI	114	38	4,03	3,28	Finger, (2015)
APA PARANOÁ	54	30	3,48	1	Assunção e Felfili, (2004)
ESEC-AE	72	31	3,62	6	Felfili e Silva Jr. (1993)
REBIOMV s.s	77	38	3,78	0,5	Haridasan (2005)

Legenda: ER (Ecossistema de referência); RAD 4(Área de recuperação ambiental 4); RAD 5(Área de recuperação ambiental 5); CHABAI: (Chapada dos Guimarães e Santo Antônio de Leverger – cerrado *sensu stricto*); APA PARANOÁ: (Matinha do CO-Brasília, DF – cerrado *sensu stricto*); ESEC-AE: (Águas Emendadas – cerrado *sensu stricto*) REBIOMV s.s.: (Reserva Municipal Mário Viana-Nova Xavantina, MT – cerrado *sensu stricto*). **Fonte:** Adaptado de Finger, 2015.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

Conforme destacado por Finger (2015), a diversidade alfa da vegetação arbórea na área de estudo, localizada no estado de Mato Grosso e restrita a áreas com fisionomia savânica do tipo cerrado *sensu stricto* remanescentes na região da Chapada dos Guimarães, foi avaliada. Os resultados obtidos indicam uma diversidade de 4,03 nats/ind pelo índice de Shannon e 0,98 pelo índice de Simpson.

Quanto à similaridade florística entre as áreas amostradas foi adotado a similaridade Sorensen (Bray-curtis) que representa a hierarquia entre as áreas amostras.

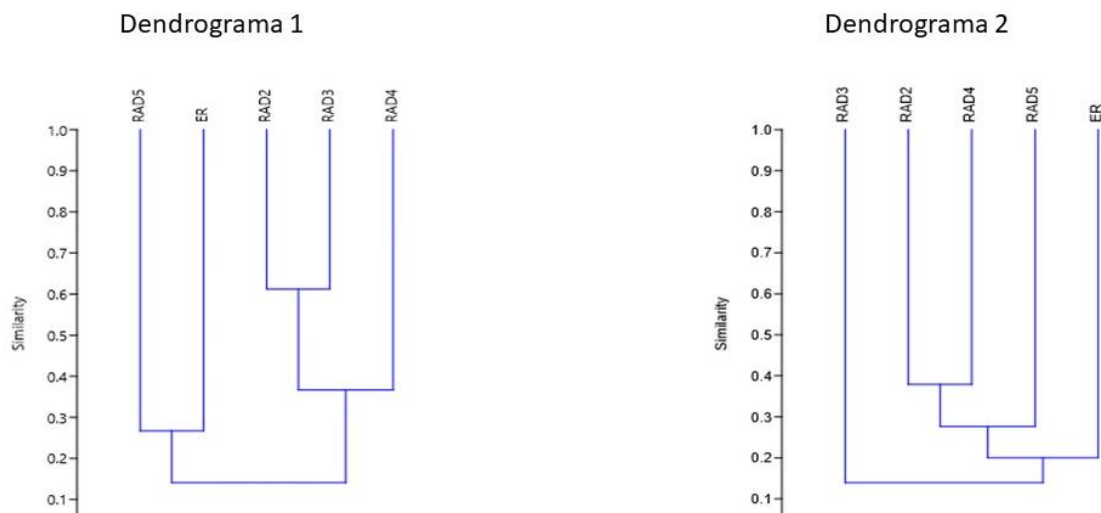
Os gráficos fornecidos são dendrogramas que mostram a similaridade de Sorensen para diferentes estratos. No dendrograma, a similaridade é representada no eixo vertical, variando de 0 (nenhuma similaridade) a 1 (similaridade completa). As amostras analisadas são identificadas como RAD2, RAD3, RAD4, RAD5 e ER.

No dendrograma 1, RAD5 e ER: Essas duas áreas apresentam a maior similaridade entre si, com um valor próximo de 1. Isso sugere que a composição de espécies arbóreas em RAD5 e na área de referência (ER) é muito semelhante; RAD2 e RAD3: Estas áreas também mostram uma alta similaridade entre si, embora um pouco menor que a de RAD5 e ER; RAD4: área apresenta a menor similaridade com as outras áreas, o que indica uma composição de espécies arbóreas bastante distintas.

Logo, temos dois grupos - Grupo 1: RAD5 e ER formam um grupo com alta similaridade; Grupo 2: RAD2 e RAD3 formam outro grupo, também com alta similaridade, mas um pouco menos semelhante a RAD5 e ER e RAD4 está mais distante dos demais grupos, indicando uma menor similaridade com todas as outras áreas.

Podemos concluir que a similaridade de Sorensen revela que as áreas RAD5 e ER possuem uma composição de espécies arbóreas muito semelhantes, sugerindo que a área de referência (ER) pode estar representando adequadamente a vegetação de RAD5. RAD2 e RAD3 também apresentam uma composição de espécies similar entre si, mas diferente de RAD5 e ER. RAD4, por outro lado, é a área mais distinta em termos de composição de espécies arbóreas, indicando uma possível variação significativa em fatores ambientais ou de manejo que afetam essa área em particular. Essa distinção pode ser importante para estratégias de manejo e conservação, sugerindo que RAD4 pode necessitar de abordagens específicas para a restauração ou conservação de sua vegetação.

Figura 15 - Dendrogramas de similaridade florística (Bray-curtis UPGMA) dos estratos amostrados



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

O dendrograma 2 mostra que as amostras RAD2 e RAD3 são as mais similares entre si, formando um grupo com uma alta similaridade próxima a 0.9; RAD4 é o próximo a se unir ao grupo formado por RAD2 e RAD3, indicando uma similaridade ligeiramente menor; RAD5 é mais diferente dos três primeiros (RAD2, RAD3, e RAD4), unindo-se a eles em um nível de similaridade em torno de 0.3; Finalmente, ER é o estrato mais distinto de todos, com uma similaridade baixa em relação aos demais, juntando-se ao grupo em um nível de similaridade abaixo de 0.2.

Conclui-se, que dendrograma revela a existência de dois principais agrupamentos: um grupo inicial composto por RAD2, RAD3, e RAD4, que são mais similares entre si, e um segundo grupo incluindo RAD5 e ER, que são progressivamente menos similares aos outros estratos. A amostra ER se destaca como a menos similar quando comparada aos outros estratos regenerantes, indicando que pode ter características ecológicas ou de composição de espécies bem distintas das demais. A formação desses grupos sugere que há variação na composição da vegetação regenerante, possivelmente influenciada por fatores ambientais ou práticas de manejo específicas a cada área.

Essas observações podem ser utilizadas para direcionar estratégias de manejo e conservação, focando em promover maior homogeneidade na regeneração ou em conservar a diversidade encontrada entre os diferentes estratos.

5 CONCLUSÃO

A análise das espécies do cerrado revela uma vegetação diversificada, dominada por arbustos e árvores, refletindo um ecossistema bem estruturado. A presença significativa de espécies pioneiras e não pioneiras indica um ambiente em diferentes estágios de sucessão ecológica, essencial para a recuperação e manutenção do cerrado. A zoocoria, como principal mecanismo de dispersão, destaca a importância da fauna local na propagação das espécies vegetais.

A composição das espécies é altamente influenciada pelas características ambientais e ecológicas, especialmente pelos fatores do solo e pela vegetação circundante. A diversidade vegetal, medida pelo índice de Shannon, foi semelhante a outras áreas de cerrado *sensu stricto* no Brasil central. A heterogeneidade desses ambientes ressalta a necessidade de avaliações detalhadas para orientar a seleção de espécies, considerando aspectos ecológicos e econômicos específicos.

A abundância de espécies na área é um critério importante para a restauração, favorecendo aquelas comuns e adaptadas ao ambiente local. Espécies que desempenham papéis ecológicos cruciais, como fixação de nitrogênio, dispersão de sementes e proteção do solo devem ser priorizadas. Além disso, os fatores edáficos, como fertilidade, textura, drenagem e pH do solo, são essenciais na escolha das espécies que melhor se adaptarão às condições locais. Esses dados são fundamentais para compreender a complexidade e a importância do cerrado, orientando estratégias de conservação e manejo sustentável.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAHAMSON, W. G.; TAYLOR, T. N. **Plant-animal interactions**. [s.l.]: McGraw-Hill Encyclopedia of Science & Technology, 2011. 576p.

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L. de M.G.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013. Disponível em: https://www.schweizerbart.de/papers/metz/detail/22/82078/Koppen_s_climate_classification_map_for_Brazil. Acesso: 15 abril. 2021.

BITTENCOURT, M.D.; MENDONÇA, R. R. Introdução. In: BITTENCOURT, M. D.; MENDONÇA, R. R. **Viabilidade de Conservação dos Remanescentes de Cerrado**. São Paulo: Annablume; FAPESP, 2004. p. 11-15.

BOCCHESE, R. A. *et al.* Efeitos de diferentes tipos de solo na germinação de sementes de *Tabebuia heptaphylla*, em casa telada. **Revista Cerne**, Lavras, v.14, n.1, p. 62-67, 2008.

BORGHI, W. A. *et al.* Caracterização e avaliação da mata ciliar à montante da Hidrelétrica de Rosana, na estação ecológica do Caiuá, Diamante do Norte, Paraná. **Cadernos da biodiversidade**, Curitiba, v. 4, n. 2, p. 9-15, 2004.

BRIDGEWATER, S. *et al.* Padrões biogeográficos, β -diversidade e dominância no bioma cerrado do Brasil. **Biodiversidade e Conservação**, [s.l.], v. 13, p. 2295-2317, 2004.

BROWER, J. E; ZAR, J. H. **Field and laboratory methods for general ecology**. 2. ed. Dubuque: Wm. Brown Co, 1984.

CAMILOTTI, D. C.; *et al.* Análise da vegetação arbórea de um remanescente do Cerradão em Bandeirantes, Mato Grosso do Sul, Brasil. **Iheringia, Série Botânica**, Porto Alegre, v.66, n. 1, p. 31-46, 2011.

CARPAZANI, J. A importância das Fabaceae na sucessão ecológica. **Revista Brasileira de Ecologia**, [s.l.], v. 20, n. 3, p. 45-60, 2005.

CONCEIÇÃO, G.M.; RUGGIERI, A.C.; SILVA, E.O.; GOMES, E.C.; ROCHE, H.M.V. Especies vegetales y síndromes de dispersión del área de protección ambiental municipal de Inhamum, Caxias, Maranhão, Brasil. **Ambi-Agua**, Taubaté, v.6, n.2, p.129-142, 2011.

COSTA, A. A.; ARAÚJO, G. M. Comparação da vegetação arbórea de cerradão e de cerrado na Reserva do Panga, Uberlândia, Minas Gerais. **Acta botanica brasílica**, Brasília, DF, v. 15, n.1, p. 63-72, 2001.

COUTINHO, L. M. Aspectos ecológicos do fogo no cerrado: I. A temperatura do solo durante as queimadas. **Revista Brasileira de Botânica**, [s.l.], v. 1, p. 93-96, 1978.

DURÃES, M. C. O. **Estrutura e variação florística da comunidade arbórea arbustiva de uma floresta ciliar do Córrego dos Bois, Parque Estadual Lapa Grande, Montes Claros/MG**. 2011. 58f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros, 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Portal da Embrapa cerrados**. 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/cerrados>. Acesso em: 30 abr. 2023.

FINGER, Zenesio; FINGER, Felipe Augusto. Fitossociologia em comunidades arbóreas remanescentes de Cerrado sensu stricto no Brasil Central. **Floresta**, [s.], v.45, n. 4, p. 769-780, 2015.

FLORA DO BRASIL 2020 [em construção]. **Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br>>. Acesso em: 30 Jul 2024.

FLORA E FUNGA DO BRASIL. **Reflora**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: < <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/> >. Acesso em: 30 Jul 2024.

FORZZA, R. C. *et al.* **Catálogo de plantas e fungos do Brasil**. Rio de Janeiro: JBRJ, 2010. v. 2. 830p. DOI: <https://doi.org/10.7476/9788560035090>.

GASTON, Peter C.; LOZANO-PEREZ, Tomas. Reconhecimento tátil e localização usando modelos de objetos: O caso de poliedros em um plano. **Transações IEEE sobre análise de padrões e inteligência de máquina**, Massachusetts, n. 3, p. 257-266, 1984.

GONZAGA, A. P. D. *et al.* Similaridade florística entre estratos da vegetação em quatro Florestas Estacionais Deciduais na bacia do Rio São Francisco. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 64, n.1, p. 11-19, 2013.

Hill, M. O.; Gauch, H. G. Detrended Correspondence Analysis, an Improved Ordination Technique. **Vegetatio**, [s.], v.42, n.1, p. 47-58, 1980.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **IBGE Cidades 2022**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/montes-claros/panorama>. Acesso: 15 fev. 2022.

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

LEHMANN, Caroline ER *et al.* Deciphering the distribution of the savanna biome. **New Phytologist**, [s.], v. 191, n. 1, p. 197-209, 2011.

LIM, Gwynne.; BALKE, Michael; MEIER, Rudolf. Determining species boundaries in a world full of rarity: singletons, species delimitation methods. **Systematic biology**, [s.], v. 61, n. 1, p. 165-169, 2012.

MACEDO, Hugo Rodrigo et al. Composição florística em formações de Cerrado com ação antrópica. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, [s.l.], v. 9, n. 5, p. 11, 2014.

MARTINS, F. Q. *et al.* Síndromes de dispersão no componente arbustivo-arbóreo em fragmentos de cerrado, no município de Itirapina, São Paulo. *In*: SANTOS, F. A. M.; MARTINS, F. R.; TAMASHIRO, J. Y. (Orgs.). **Relatórios de projetos desenvolvidos na disciplina NE211 Ecologia de campo II do Programa de Pós-graduação em Ecologia, IB, UNICAMP**. Campinas: UNICAMP, 2004.

MARTINS, F. R. Atributos de comunidades vegetais. **Quid**, [s.l.], v. 9, n. 1/2, p. 12-17, 1990.

MENDONÇA, J. P.; SOARES, L. F. Checklist de 12.356 espécies e seus comportamentos: uma abordagem metodológica. **Revista Brasileira de Botânica**, [s.l.], v. 31, n. 2, p. 45-67, 2008.

MOREIRA, Cintia Dayrane Duarte *et al.* Sobrevivência de mudas em área de Cerrado degradado no Semiárido Norte Mineiro. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 1., 2020, Montes Claros. **Anais [...]** Montes Claros: Universidade Federal de Minas Gerais, 2020. Evento *Online*.

MYERS, N. *et al.* Biodiversity hotspots for conservation priorities: hotspots de biodiversidade para as prioridades de conservação. **Nature**, [s.l.], v. 403, n. 6772, p. 853-858, 2000.

NERI, A. V. *et al.* Espécies de Cerrado com potencial para recuperação de áreas degradadas por mineração de ouro, Paracatu-MG. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.35, p. 907-918, 2011.

OLIVEIRA, Bianca Duarte. **Sistema de informações geográficas para monitoramento das mudanças temporais em solos hidromórficos no cerrado**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2022.

OLIVEIRA, L. M. *et al.* Florística e síndromes de dispersão de um fragmento de cerrado ao sul do estado do Tocantins. **Scientia Agraria Paranaensis**, [s.l.] p. 104-111, 2018.

OLIVEIRA, C. P. *et al.* Composição florística e estrutura de um cerrado *sensu stricto* no oeste da Bahia. **Revista Cerne**, Lavras, v. 21, p. 545-552, 2015.

OLIVEIRA-FILHO, Ary Teixeira. Composição florística e estrutura comunitária da floresta de galeria do córrego da Paciência, Cuiabá (MT). **Acta Botanica Brasilica**, Brasília, DF, v. 3, n.1, p. 91-112, 1989.

OLIVEIRA FILHO, A.T.; RATTER, J.A. Vegetation physiognomies and woody flora of the cerrado biome. *In*: OLIVEIRA FILHO, A.T.; RATTER, J.A. **The cerrados of**

Brazil: Ecology and natural history of a Neotropical savanna. New York: Columbia University Press, 2002. p.91-120.

PIELOU, E.C. **Ecological diversity**. New York: John Wiley, 1975. 165p.

PINTO, S. I. C. *et al.* Ciclagem de nutrientes em dois trechos de floresta estacional semidecidual na reserva florestal Mata do Paraíso em Viçosa, MG, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 33, n.4, p. 653-663, 2009.

PRADO JÚNIOR, J. A.; LOPES, S. F.; SCHIAVINI, I. VALE, V. S.; OLIVEIRA, A. P.; GUSSON, A. E.; DIAS NETO, O. C.; STEIN, M.; Fitossociologia, caracterização sucessional e síndromes de dispersão da comunidade arbórea de remanescente urbano de Floresta Estacional Semidecidual em Monte Carmelo, Minas Gerais. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, RJ, v. 63, n. 3, p. 289-299, 2012.

PREFEITURA MUNICIPAL DE MONTES CLAROS (Montes Claros, MG). **Conheça a cidade**. Disponível em: < <https://portal.montesclaros.mg.gov.br/cidade/geografia>. Acesso em: 24 jun. 2019.

REBOITA, M. S.; RODRIGUES, M.; SILVA, L. D.; ALVES, M. A. Aspectos climáticos do Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, ano 11, v.17, p.206-226, 2015.DOI: 10.5380/abclima.v17i0.41493

REYS, P. *et al.* Estrutura e composição florística de um Cerrado sensu stricto e sua importância para propostas de restauração ecológica. **Hoehnea**, São Paulo, v. 40, n.3, p. 449-464, 2013.

RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. C. Conceitos, tendências e ações para a recuperação de florestas ciliares. *In*: RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S.C. **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: EDUSP/FAPESP, 2000.

SANTOS, R. M. *et al.* Riqueza e similaridade florística de oito remanescentes florestais no norte de Minas Gerais, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 31, n. 1, p. 135-144, 2007.

SCHMIT, T. *et al.* Análise fitossociológica para a recuperação de áreas degradadas utilizando espécies de cerrado. **Global Science and Technology**, Tocantins, v. 11, n. 2, p.65-77, 2018.

SCOLFORO, J.R.S.; CARVALHO, L.M.T.; OLIVEIRA, A.D. **Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado de Minas Gerais**: componentes Geofísico e Biótico. Lavras: UFLA, 2008.195p.

SILVA, Cláudia Inês da. **Distribuição espaço-temporal de recursos florais utilizados por espécies de Xylocopa (Hymenoptera, Apidae) e interação com plantas do cerrado sentido restrito no triângulo mineiro**. 2009. 294 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2009.

SOUZA, E. D. *et al.* Carbono orgânico e fósforo microbiano em sistema de integração agricultura-pecuária submetido a diferentes intensidades de pastejo em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 1273-1282, 2008.

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica sistemática**: guia ilustrado para identificação das famílias de angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2005. 640 p.

SUGANUMA, M. S.; DURIGAN, G. Indicators of restoration success in riparian tropical forests using multiple reference ecosystems. **Restoration Ecology**, [s.l.], v.23, n.3, p. 238-251, 2015.

SWAINE, M. D.; Whitmore, T. C. On the definition of ecological species groups in tropical rain forests. **Journal of Tropical Ecology**, New York, v.75, [s.n.], p.81-86, 1988.

WEISER, V. L.; GODOY, S. A. P. Florística em um hectare de cerrado *stricto sensu* na ARIE: Cerrado Pé-de-Gigante, Santa Rita do Passa Quatro, SP. **Acta Botanica Brasilica**, Brasília, DF, v. 15, n. 2, p. 201-212, 2001.

ZONEAMENTO ECOLÓGICO ECONÔMICO – **ZEE-MG** (Minas Gerais). Ferramenta de geoprocessamento, 2008. Disponível em: www.zee.mg.gov.br/. Acesso em: 15 fev. 2022.