



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
TOCANTINS
CAMPUS PALMAS
BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRONÔMICA**

MATTEWS CARVALHO LEITE

**ESPÉCIES INFESTANTES COMO INDICADORAS DA QUALIDADE E
DEGRADAÇÃO DO SOLO EM ÁREAS DE CERRADO NO MUNICÍPIO DE
PALMAS-TO**

**PALMAS - TO
2025**

MATTEWS CARVALHO LEITE

**ESPÉCIES INFESTANTES COMO INDICADORAS DA QUALIDADE E
DEGRADAÇÃO DO SOLO EM ÁREAS DE CERRADO NO MUNICÍPIO DE
PALMAS-TO**

Pré-projeto de Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Agronomia do Instituto Federal do Tocantins – *Campus Palmas*, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrônoma.

Orientadora: Prof.^a Dr^a *Vanessa David Domingos Valença*

Coorientador: Prof.^o Dr^o *Edvaldo Viera Pacheco Santana*

**PALMAS - TO
2025**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas do Instituto Federal do Tocantins

L533e Leite, Matthews Carvalho
 ESPÉCIES INFESTANTES COMO INDICADORAS DA
 QUALIDADE E DEGRADAÇÃO DO SOLO EM ÁREAS DE CERRADO
 NO MUNICÍPIO DE PALMAS-TO / Matthews Carvalho Leite. – Palmas,
 TO, 2025.
 49 p. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) –
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, Campus
Palmas, Palmas, TO, 2025.

Orientadora: Dra. Vanessa David Domingos Valença
Coorientador: Dr. Edvaldo Viera Pacheco Santana

1. Fertilidade. 2. Biodiversidade. 3. Dormencia. I. Domingos Valença,
Vanessa David. II. Pacheco Santana, Edvaldo Viera. III. Título.

CDD 630

A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio, deste documento é autorizada para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica do IFTO com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS PALMAS - TO
COORDENAÇÃO DO CURSO SUPERIOR BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRÔNOMICA

MATTEWS CARVALHO LEITE

ESPÉCIES INFESTANTES COMO INDICADORAS DA QUALIDADE E DEGRADAÇÃO DO SOLO EM ÁREAS DE CERRADO NO MUNICÍPIO DE PALMAS-TO.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso Superior Bacharelado em Engenharia Agrônômica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins - *Campus* Palmas - TO, como exigência à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrônômica.

Aprovado em: 04 de agosto de 2025

BANCA AVALIADORA

Profa. Dra. Vanessa David Domingos Valença
IFTO - Campus Palmas - TO.

Prof. Dr. Antônio Carlos Silveira Gonçalves
IFTO - Campus Palmas - TO.

Prof. Dr. Thômas Vieira Nunes
IFTO - Campus Palmas - TO.

Palmas - TO, 04 de agosto de 2025.



assinado eletronicamente por **Vanessa David Domingos Valença**,
Servidor, em 04/08/2025, às 16:03, conforme horário oficial de Brasília, com
fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



assinado eletronicamente por **Antonio Carlos Silveira Goncalves**,
Servidor, em 04/08/2025, às 17:56, conforme horário oficial de Brasília, com
fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Thomas Vieira Nunes, Servidor**, em 05/08/2025, às 20:29, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.iftto.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **2851721** e o código CRC **3648F946**.



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS

Campus Palmas 310 Sul, Av. LO 5, s/n, esquina com a Avenida NS 10 - Plano Diretor Sul — CEP 77021-090 Palmas/TO - portal.iftto.edu.br — reitoria@iftto.edu.br

Referência: Processo nº 23236.015732/2025-01

SEI nº 2851721

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus, por me conceder saúde, forças e sabedoria para concluir mais esta etapa da minha vida.

À minha orientadora, Prof.^a Dr^a Vanessa David Domingos Valença, pela dedicação, paciência e orientações fundamentais durante a construção deste trabalho. Ao meu coorientador, Prof. Dr^o Edvaldo Viera Pacheco Santana, pelo apoio técnico e incentivo constante. Aos professores e servidores do Instituto Federal do Tocantins – Campus Palmas, pela formação acadêmica e por todo o suporte ao longo do curso de Agronomia.

Aos colegas de turma e amigos, pelo companheirismo e troca de experiências, em especial Ana Clara Dionísio, Jennifer Curvina, Maycon Mota e Rafael Coelho, pela parceria, amizade e apoio ao longo da jornada acadêmica.

Aos meus familiares, em especial aos meus pais, pelo amor, apoio incondicional e por acreditarem no meu potencial. Sem vocês, nada disso seria possível. Muito obrigado a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

Resumo

As plantas daninhas, definidas como espécies vegetais que surgem espontaneamente em locais onde não são desejadas, competindo por recursos e podendo indicar condições ambientais, foram objeto deste estudo. Este trabalho investigou como as espécies de plantas infestantes podem ser usadas como bioindicadoras da qualidade e degradação do solo em áreas de Cerrado no município de Palmas-TO. Foram analisadas três áreas com diferentes usos: agrícola (cultivo de milho e forrageiras), pousio (em regeneração) e vegetação nativa. Através de levantamentos fitossociológicos e análises de atributos físicos, químicos e biológicos do solo, identificou-se que a área agrícola apresentou maior presença de espécies ruderais como *Mimosa pudica* e *Ageratum conyzoides*, indicando solos degradados com baixa fertilidade e acidez elevada. A área em pousio mostrou maior diversidade de espécies, sugerindo início de recuperação, enquanto a vegetação nativa manteve espécies típicas do Cerrado, como *Tristachya leiostachya*, mesmo em solos com limitações químicas. Além disso, por meio do teste de emergência de sementes em bandejas, verificou-se baixa germinação, o que reforçou a influência das condições edáficas e da dormência das sementes. Concluiu-se que a flora infestante, aliada à análise do solo, é uma ferramenta eficaz e acessível para monitorar a saúde do solo e planejar manejos sustentáveis no bioma Cerrado.

Palavras-chave: dormência; fertilidade; biodiversidade; regeneração.

Abstract

Weeds, defined as plant species that grow spontaneously in places where they are not desired, competing for resources and potentially indicating environmental conditions, were the focus of this study. This research investigated how weed species can be used as bioindicators of soil quality and degradation in Cerrado areas of Palmas, Tocantins, Brazil. Three areas with different land uses were analyzed: agricultural (maize and forage cultivation), fallow (under regeneration), and native vegetation. Through phytosociological surveys and analysis of physical, chemical, and biological soil attributes, it was found that the agricultural area showed a higher presence of ruderal species such as *Mimosa pudica* and *Ageratum conyzoides*, indicating degraded soils with low fertility and high acidity. The fallow area exhibited greater species diversity, suggesting the onset of recovery, while the native vegetation maintained typical Cerrado species, such as *Tristachya leiostachya*, even in soils with chemical limitations. Additionally, seed emergence tests in trays revealed low germination, reinforcing the influence of edaphic conditions and seed dormancy. It was concluded that the weed flora, combined with soil analysis, is an effective and accessible tool for monitoring soil health and planning sustainable management in the Cerrado biome.

Keywords: dormancy; fertility; biodiversity; regeneration.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização e delimitação da área do Parque Cesamar.....	19
Figura 2 - Localização e delimitação da área de estudo, como Área 1 e 2 tendo suas medidas em ha, a linha vermelha indica maior distância entre duas áreas.....	20
Figura 3 - Mapa e legenda com identificações do uso e ocupação do solo do Parque Cesamar.....	20
Figura 4 - Materiais utilizados: cavador (coleta 0 – 20cm), quadrado amostral (área 0,25m ²), trena e balde para coleta de solo.....	23
Figura 5 - Delimitação da área para lançamentos do quadrado amostral, sendo 25m ² de área total.....	24
Figura 6 - Quadrado amostral de 0,25 m ² utilizado na contagem e coleta manual de espécies para identificação.....	24
Figura 7 - Materiais utilizados para acondicionar o solo e identificar as respectivas áreas, parcelas e lançamentos da amostragem.....	25
Figura 8 - Bandeja utilizada para observação da emergência ou não de espécies.....	25
Figura 9 - Bandejas contendo amostras de solo das áreas de estudo, utilizadas para observar a emergência ou não de espécies infestantes presentes no banco de sementes do solo.....	26
Figura 10 - Plântulas emergidas em bandejas de solo que puderam ser identificadas quanto à espécie.....	29
Figura 11 - Emergência de plântulas em estágio estacionário, não identificadas devido ao desenvolvimento insuficiente.....	29
Figura 12 - Bandejas de solo que não apresentaram emergência de plântulas durante o período de observação.....	30

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Gráfico de comparação de IVI das Espécies entre as três áreas de estudo.....	33
Gráfico 2 - Gráfico comparando riqueza e abundância total das áreas de estudo.....	35
Gráfico 3 - Gráfico comparando nas três áreas de estudo a diversidade e equitabilidade por área de estudo.....	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Quantidade de espécies encontradas por área de estudo.....	27
Tabela 2 - Tabela de índices fitossociológicos referente a área de uso agrícola.....	31
Tabela3 - Tabela de índices fitossociológicos referente a área de pousio.....	31
Tabela 4 - Tabela de índices fitossociológicos referente a área de vegetação nativa.....	32
Tabela 5 - Frequência Relativa e Proporção de Indivíduos por Espécie nas Três Áreas de Estudo.....	35
Tabela 6 - Tabela de índices ecológicos calculados para cada área de estudo.....	35
Tabela 7 - Características dos atributos químicos, físicos e biológicos do solo.....	37
Tabela 8 - Resultados do teste de Tukey ($p \leq 0,05$) aplicado aos índices fitossociológicos das três áreas de estudo (Agricultura, Pousio e Vegetação Nativa).....	42

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
1.1 PROBLEMA DA PESQUISA.....	13
1.2 JUSTIFICATIVA.....	13
1.3 OBJETIVOS:.....	14
1.3.1 GERAL.....	14
1.3.2 ESPECÍFICOS.....	14
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1 O solo como recurso natural e sua importância para os ecossistemas.....	15
2.2 O bioma Cerrado: características, uso do solo e impactos ambientais.....	16
2.3 Plantas daninhas: conceito, ecologia e importância agronômica.....	17
2.4 Banco de sementes do solo: composição, dinâmica e importância ecológica.....	17
2.5 Espécies infestantes como bioindicadoras da qualidade do solo.....	18
2.6 Potencial do uso de plantas daninhas como ferramenta de diagnóstico ambiental.....	18
3. METODOLOGIA.....	19
3.1 Caracterização da área em estudo.....	19
3.2 Levantamento da florística da comunidade infestante.....	21
3.3 Caracterização dos atributos do solo.....	21
3.4 Diversidade e dinâmica da comunidade de plantas infestantes.....	21
4. Etapas da Pesquisa de Campo.....	23
5. Resultados e Discursões.....	26
5.1 Levantamento florístico da comunidade infestante.....	26
5.1.1 Emergência de plantas a partir do banco de sementes do solo em bandejas.....	27
5.1.2 Índices fitossociológicos.....	30
5.1.3 Diversidade específica da comunidade entre as três áreas de estudo.....	34
5.2 Caracterizar os atributos químicos, físicos e biológicos do solo.....	37
5.3 Comparação da Diversidade e Composição da Flora Infestante entre Diferentes Tipos de Uso do Solo.....	38
5.4 Relação entre a Presença de Espécies Infestantes e os Indicadores de Qualidade ou Degradação do Solo: Potencial como Bioindicadoras Ambientais.....	39
5.5 Discutir o potencial das espécies infestantes como ferramentas auxiliares no monitoramento da sustentabilidade do uso do solo no bioma Cerrado.....	40
5.5.1 Fisiologia das Plantas <i>Ageratum conyzoides</i> e <i>Mimosa pudica</i>	41
5.6 Teste de comparação de médias (Tukey) para os índices fitossociológicos.....	42
6. Conclusão.....	44
Referências.....	45

1. INTRODUÇÃO

O solo é um recurso natural fundamental para a manutenção da vida, desempenhando funções essenciais nos ecossistemas terrestres. Atua como suporte físico ao crescimento das plantas, fornecendo nutrientes, água e oxigênio, regulando o ciclo hidrológico e participando da ciclagem biogeoquímica de elementos como carbono, nitrogênio e fósforo (KÄMPF; CURI, 2012; SANTOS et al., 2013; MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Além disso, funciona como filtro natural, retendo poluentes, regulando o pH e abrigando uma ampla diversidade de organismos que contribuem para a decomposição da matéria orgânica, formação de húmus e controle biológico de pragas (BRASIL, 2020; NASCIMENTO et al., 2021).

Entretanto, ações antrópicas como desmatamento, urbanização e práticas agrícolas inadequadas têm acelerado processos de degradação, resultando na compactação, perda de matéria orgânica, redução da biodiversidade edáfica e empobrecimento nutricional dos solos (SANTOS et al., 2018). No Cerrado, que ocupa aproximadamente 25% do território brasileiro e é estratégico para a segurança hídrica e alimentar, a conversão de áreas nativas para agricultura e pastagens intensivas tem alterado significativamente seus atributos físicos, químicos e biológicos (OLIVEIRA FILHO et al., 2021; RESENDE et al., 2019).

Essas alterações impactam diretamente a vegetação espontânea, favorecendo espécies ruderais adaptadas a condições de estresse, como baixa fertilidade, compactação ou acidez elevada. Entre elas, destacam-se as plantas daninhas, tradicionalmente vistas como problema agrônomo, mas que podem fornecer informações valiosas sobre as condições edáficas e o histórico de uso do solo (RODRIGUES et al., 2011; FACCIN et al., 2021). Sua composição, abundância e diversidade estão diretamente relacionadas às características do solo e às práticas de manejo adotadas.

O uso dessas espécies como bioindicadoras é apontado na literatura como uma ferramenta prática, econômica e eficiente para o monitoramento ambiental. A análise da comunidade infestante, aliada à avaliação de atributos de fertilidade e estrutura do solo, permite identificar padrões que auxiliam no diagnóstico ambiental, no manejo sustentável de áreas agrícolas e pastagens, e na formulação de estratégias de recuperação e conservação do bioma Cerrado (SANTOS et al., 2018; DURIGAN et al., 2004).

Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo investigar a ocorrência de espécies infestantes em três áreas de Cerrado com diferentes usos do solo no município de Palmas–TO. A partir da identificação dessas espécies e da análise dos atributos físicos, químicos e

biológicos do solo, busca-se compreender seu potencial como bioindicadoras do estado de conservação ou degradação ambiental, fornecendo subsídios para estratégias de gestão sustentável dos recursos naturais.

1.1 PROBLEMA DA PESQUISA

As espécies infestantes presentes em áreas de Cerrado sob diferentes formas de uso podem ser utilizadas como bioindicadoras da qualidade e degradação do solo no município de Palmas–TO?

1.2 JUSTIFICATIVA

A intensificação das atividades humanas no Cerrado, principalmente a exemplo da expansão da fronteira agrícola e o uso intensivo do solo tem promovido mudanças profundas na estrutura e no funcionamento dos ecossistemas presentes neste bioma. Reconhecido como a savana mais biodiversa do planeta, o Cerrado abriga aproximadamente 12.829 espécies de plantas nativas, das quais 36,8% encontram-se ameaçadas de extinção (BGF, 2021). Apesar de sua importância ecológica, o bioma encontra-se atualmente entre os mais ameaçados do país, sobretudo pela conversão da vegetação nativa em sistemas produtivos com baixa sustentabilidade ambiental.

A qualidade do solo, elemento central na dinâmica dos agroecossistemas, é diretamente afetada pelo tipo de uso e manejo a que é submetido. Mudanças em suas propriedades físicas, químicas e biológicas repercutem na composição da vegetação espontânea, especialmente nas chamadas espécies infestantes, cuja capacidade de adaptação a diferentes níveis de degradação é notavelmente elevada. Nessas condições, tais espécies não apenas competem com as culturas agrícolas, mas também podem atuar como importantes bioindicadores do estado de conservação e da qualidade do solo.

Por serem sensíveis às condições edáficas, as plantas daninhas respondem rapidamente a variações na fertilidade, compactação, umidade e na atividade biológica do solo. A ocorrência e predominância dessas espécies oferecem, portanto, pistas valiosas sobre os processos ecológicos em curso, desempenhando um papel relevante como indicadoras naturais da sustentabilidade do uso da terra. A análise da flora infestante, quando associada a dados edáficos, permite inferir o grau de perturbação ou de recuperação ambiental de determinada área, constituindo uma ferramenta eficaz para o diagnóstico de práticas de uso e manejo do solo.

Em áreas alteradas por atividades humanas, é comum o surgimento de plantas daninhas adaptadas a diferentes condições de fertilidade e degradação do solo. Essas espécies possuem potencial para atuar como bioindicadores ambientais, permitindo inferir sobre o estado de conservação do solo a partir de sua presença e predominância (RIBEIRO & WALTER, 2008).

A compreensão da relação entre o uso do solo e a vegetação espontânea pode auxiliar no

diagnóstico da qualidade ambiental e na adoção de práticas agrícolas mais sustentáveis. Este estudo pode contribuir para a melhoria do manejo do solo, promovendo benefícios tanto para a produtividade agrícola quanto para a conservação ambiental.

Diante desse cenário, o presente projeto tem como objetivo investigar a composição e a distribuição de plantas daninhas em áreas submetidas a diferentes formas de uso do solo no município de Palmas, Tocantins. Serão avaliadas áreas agrícolas, de vegetação nativa e em pousio, integrando abordagens da Agronomia, da Ecologia e da Gestão Ambiental para compreender o comportamento das comunidades infestantes nestes ambientes. Com base no conhecimento dos padrões de colonização das diversas populações de plantas daninhas pretende-se explorar o potencial dessas espécies como instrumentos auxiliares no monitoramento da qualidade e dos níveis de degradação do solo no bioma Cerrado.

Ao correlacionar os índices fitossociológicos da flora infestante com atributos físicos, químicos e biológicos do solo, pretende-se gerar subsídios técnico-científicos que favoreçam a adoção de práticas de manejo mais sustentáveis, capazes de conciliar a produtividade agrícola com a conservação ambiental. Com isso, o estudo contribuirá não apenas para o avanço do conhecimento sobre o uso da biodiversidade como indicador ambiental, mas também para o desenvolvimento de estratégias eficazes de monitoramento da saúde do solo como elemento chave para a sustentabilidade dos agroecossistemas no Cerrado.

1.3 OBJETIVOS:

1.3.1 GERAL

Analisar a ocorrência de espécies infestantes como bioindicadoras da qualidade e degradação do solo em áreas com diferentes formas de uso no Cerrado de Palmas–TO.

1.3.2 ESPECÍFICOS

- I. Determinar os índices fitossociológicos das espécies de plantas infestantes emergidas em áreas com vegetação nativa, uso agrícola e áreas em pousio;
- II. Caracterizar os atributos químicos, físicos e biológicos do solo (pH, matéria orgânica, CTC, textura, carbono orgânico total, entre outros) nas áreas estudadas;
- III. Comparar a diversidade e a composição da flora infestante entre os diferentes tipos de uso do solo;
- IV. Relacionar a presença e frequência de espécies infestantes com os indicadores de qualidade ou degradação do solo, visando identificá-las como bioindicadoras ambientais;

- V. Discutir o potencial das espécies infestantes como ferramentas auxiliares no monitoramento da sustentabilidade do uso do solo no bioma Cerrado.

2. REVISÃO DE LITERATURA

O solo é um recurso natural não renovável, fundamental para a vida nos ecossistemas terrestres. A qualidade do solo está diretamente relacionada à capacidade de sustentar a produtividade agrícola, conservar a biodiversidade e manter os processos ecológicos essenciais em equilíbrio. No entanto, a ocupação desordenada e o uso intensivo das terras têm levado a processos de degradação que comprometem a sustentabilidade ambiental, especialmente em biomas sensíveis como o Cerrado.

O Cerrado brasileiro, conhecido como a savana mais biodiversa do mundo, tem sofrido transformações significativas em função da expansão agropecuária e urbana. Neste cenário, existe a preocupação não apenas quanto à perda da vegetação nativa, mas também com a degradação dos solos, que afeta diretamente a dinâmica dos agroecossistemas e dos sistemas naturais (MMA, 2023). Nesse contexto, a presença de determinadas espécies de plantas daninhas pode refletir condições edáficas específicas, funcionando como bioindicadoras da qualidade do solo (ALVES et al., 2022).

As plantas daninhas, tradicionalmente tratadas como problema agrônômico, também têm potencial de uso como indicadoras ecológicas, pois sua emergência, distribuição e abundância estão diretamente associadas aos atributos físicos, químicos e biológicos do solo. Em solos degradados, é comum a ocorrência de espécies ruderais e agressivas, enquanto solos mais equilibrados apresentam maior diversidade de espécies e menor dominância. Assim, o estudo da composição do banco de sementes do solo, da ocupação do solo pelas populações de plantas daninhas associado à análise de parâmetros de fertilidade do solo, pode oferecer subsídios importantes para o diagnóstico ambiental e para o planejamento do uso sustentável da terra. A planta nativa pode servir de “indicadora” porque acusa perfeitamente as condições do solo e do microambiente.

2.1 O solo como recurso natural e sua importância para os ecossistemas

As funções ecológicas estão relacionadas ao fato de o solo ser considerado como meio de suporte para o crescimento das plantas, regulador do ciclo hidrológico, filtro de poluentes e habitat para uma diversidade de organismos. Além disso, desempenha papel fundamental na produção de alimentos e na conservação da biodiversidade, contribuindo para a estabilidade dos sistemas naturais e agroecossistemas (EMBRAPA, 2020).

Componentes e processos que definem a qualidade do solo, entre os principais indicadores de qualidade do solo estão a matéria orgânica, a capacidade de retenção de água, a densidade do solo, a diversidade biológica e o equilíbrio de nutrientes (SILVA et al., 2015).

Fatores que afetam a saúde e a degradação do solo, a saúde do solo pode ser comprometida por uma série de fatores, entre os quais se destacam o uso intensivo da terra, o desmatamento, a erosão, a compactação e o uso excessivo de insumos químicos. Essas práticas afetam negativamente a estrutura do solo, reduzem a fertilidade e a biodiversidade, favorecendo processos de degradação (EMBRAPA, 2020; LOSS et al., 2011). A degradação do solo representa uma ameaça à sustentabilidade agrícola e à conservação ambiental, especialmente em biomas sensíveis como o Cerrado.

2.2 Banco de sementes do solo: composição, dinâmica e importância ecológica

O banco de sementes do solo é composto pelas sementes viáveis que permanecem armazenadas no solo por diferentes períodos, representando uma reserva potencial de espécies vegetais que podem germinar sob condições favoráveis. Esse banco resulta da deposição natural de sementes oriundas de espécies nativas, invasoras ou cultivadas, por meio de mecanismos como a queda direta das sementes, transporte pelo vento, água, animais ou atividades antrópicas (Silva et al., 2021; Souza & Ribeiro, 2020).

A composição do banco de sementes é fortemente influenciada pelo uso da terra e pelas práticas de manejo agrícola. Sistemas convencionais tendem a reduzir a diversidade do banco, favorecendo espécies oportunistas e ruderais. Já práticas conservacionistas, como o plantio direto e a rotação de culturas, podem favorecer a manutenção da biodiversidade do banco de sementes (Pereira et al., 2022; Almeida & Santos, 2019). O monitoramento do banco de sementes, portanto, oferece informações valiosas sobre o histórico e a qualidade ambiental do solo, sendo um importante indicador para a restauração e conservação dos ecossistemas (Moraes et al., 2023).

Um aspecto importante para a emergência das sementes do banco no Cerrado é a dormência, que é um mecanismo adaptativo das espécies para garantir a sobrevivência em condições ambientais adversas. Muitas sementes do Cerrado apresentam dormência física ou fisiológica, o que impede a germinação imediata após a dispersão e exige condições específicas, como variações de temperatura, exposição ao fogo ou ciclos de umidade, para quebrar essa dormência (s). Assim, a ausência de emergência de certas espécies do banco de sementes pode estar associada a esses mecanismos dormência específicos, refletindo a complexidade dos processos ecológicos desse bioma.

2.3 O bioma Cerrado: características, uso do solo e impactos ambientais

Caracterização do Cerrado e sua importância ecológica, ecologicamente, o Cerrado desempenha funções essenciais para a estabilidade ambiental do país, sendo reconhecido como o “berço das águas”, por abrigar nascentes de importantes bacias hidrográficas, como as dos rios São Francisco, Tocantins-Araguaia, Paraná e Paraguai (FERREIRA et al., 2020). Além disso, os solos do Cerrado atuam como importantes reservatórios de carbono, contribuindo para o sequestro de gases de efeito estufa e desempenhando papel essencial na regulação climática, no suporte à biodiversidade e na sustentação da produção agropecuária (Macedo et al., 2022; Oliveira et al., 2020).

A dinâmica de uso e ocupação das terras no Cerrado revela que este, sendo o segundo maior bioma da América do Sul, tem sofrido intensas modificações nas últimas décadas devido a processos acelerados de conversão de áreas naturais em monoculturas e pastagens. A expansão da fronteira agrícola, impulsionada pela produção de grãos e pecuária extensiva, tem sido o principal vetor de alteração da paisagem, resultando na fragmentação de habitats, perda de biodiversidade e comprometimento dos serviços ecossistêmicos (Ferreira et al., 2023; Alencar et al., 2021).

Efeitos da agricultura e urbanização na qualidade do solo, a intensificação agrícola no Cerrado tem provocado impactos negativos sobre a qualidade do solo, incluindo a compactação, a redução da matéria orgânica e a perda de biodiversidade edáfica. Além disso, o avanço urbano contribui para a impermeabilização do solo e para o aumento da erosão e da poluição difusa (ROCHA JÚNIOR et al., 2020). Essas alterações comprometem os serviços ecossistêmicos prestados pelo solo e agravam a degradação ambiental no bioma.

2.4 Plantas daninhas: conceito, ecologia e importância agronômica

As plantas daninhas são definidas como espécies vegetais que crescem espontaneamente em locais e momentos indesejados, competindo com culturas agrícolas por água, luz e nutrientes (Silva et al., 2022). Apesar de sua conotação negativa na agricultura, essas espécies possuem elevada capacidade adaptativa e são altamente eficientes na ocupação de ambientes perturbados, apresentando tolerância a estresses bióticos e abióticos (Souza et al., 2021).

O ciclo de vida e a adaptabilidade ecológica da maioria das plantas daninhas caracterizam-se por ciclos curtos, alta produção de sementes e mecanismos de dispersão eficientes, o que lhes confere vantagem competitiva em áreas degradadas ou em processo de sucessão ecológica (Pereira et al., 2020). Essa plasticidade adaptativa as torna úteis como indicadoras de condições ambientais específicas, refletindo alterações no uso e manejo do solo (Almeida et al., 2023).

Além da competição com culturas agrícolas, as plantas daninhas podem influenciar

diretamente a estrutura e os processos do solo. Algumas espécies apresentam capacidade de alterar o pH, liberar compostos aleloquímicos e modificar a composição da microbiota edáfica, afetando a disponibilidade de nutrientes e a dinâmica da matéria orgânica (Borges et al., 2021).

2.5 Espécies daninhas como bioindicadoras da qualidade do solo.

Bioindicadores são organismos cuja presença, ausência ou abundância reflete as condições ambientais de um determinado local (Lopes et al., 2022). No solo, plantas daninhas podem atuar como bioindicadoras ao refletirem características como compactação, acidez, fertilidade ou presença de contaminantes (Almeida et al., 2020). A vegetação espontânea responde rapidamente a mudanças nas condições edáficas, podendo indicar tanto processos de degradação quanto de regeneração ambiental (Santos et al., 2019)

A composição da flora daninha está fortemente associada aos atributos do solo. Por exemplo, *Euphorbia hirta* é comum em solos compactados e ácidos, enquanto *Sida rhombifolia* tende a indicar solos pobres em matéria orgânica (FACCIN et al., 2020). De acordo com SANTOS et al. (2013), "a ocorrência de determinadas espécies infestantes está relacionada com o pH do solo, o teor de nutrientes e a estrutura física, sendo possível inferir a qualidade do ambiente edáfico com base na composição florística".

Algumas espécies que podem ser utilizadas como indicadoras de degradação ou equilíbrio do solo incluem:

- *Mimosa pudica*: associada a solos compactados, com baixa aeração e acidez elevada – comum em áreas degradadas (MARTINS et al., 2020).
- *Ageratum conyzoides*: indica solos com desequilíbrio de nutrientes, especialmente com baixa disponibilidade de fósforo (CARVALHO et al., 2015).
- *Brachiaria mutica*: típica de áreas de pastagem degradadas, pode sinalizar erosão e compactação superficial (RESENDE et al., 2019).
- *Hyptis suaveolens*: encontrada com frequência em solos de baixa fertilidade e alta acidez, sendo comum em áreas abandonadas e degradadas (Silva et al., 2021).
- *Pennisetum setaceum*: espécie invasora associada a solos arenosos e com baixa retenção de umidade, frequentemente em ambientes perturbados (Oliveira et al., 2020).
- *Heliotropium europaeum*: indicadora de solos salinos ou alcalinos, ocorrendo principalmente em áreas de uso agrícola intensivo (Ferreira et al., 2022).

2.6 Potencial do uso de plantas daninhas como ferramenta de diagnóstico ambiental

O reconhecimento das plantas daninhas como indicadores facilita o manejo sustentável e a

tomada de decisões no campo, já que muitas refletem desequilíbrios ou necessidades do solo. Conforme ALVES et al. (2022), “a leitura do solo por meio das plantas espontâneas permite ajustes no manejo, reduzindo custos com insumos e aumentando a eficiência do sistema produtivo”. Em ambientes do Cerrado, práticas que observam a composição florística têm sido utilizadas para avaliar impactos do uso da terra e definir estratégias de recuperação.

Estudos realizados em áreas do Cerrado, como os de OLIVEIRA-FILHO et al. (2021), demonstraram que comunidades de plantas daninhas refletem a degradação do solo causada por práticas intensivas. Em áreas de pousio ou com vegetação secundária, espécies como *Tristachya leiostachya* e *Axonopus siccus* têm se mostrado indicadores de resiliência ecológica. Em experimento conduzido por MARTINS & SANTOS (2019), foi observado que áreas manejadas com cobertura vegetal contínua apresentaram menor diversidade de espécies infestantes associadas a solos degradados, sugerindo avanço na qualidade edáfica.

Diante disso, este trabalho propõe investigar a relação entre as espécies infestantes e a qualidade do solo em áreas de Cerrado com diferentes formas de uso no município de Palmas–TO. A partir da identificação das plantas daninhas emergidas do banco de sementes do solo e da caracterização dos atributos edáficos, espera-se compreender como essas espécies podem ser utilizadas como indicadores da degradação ou conservação dos solos, contribuindo para estratégias de gestão ambiental e uso racional dos recursos naturais.

3. METODOLOGIA

3.1 Caracterização da área em estudo

A pesquisa foi delimitada em três fragmentos de área localizados entre o campus Palmas do Instituto Federal do Tocantins e o Parque Municipal Cesamar (Figura 1).

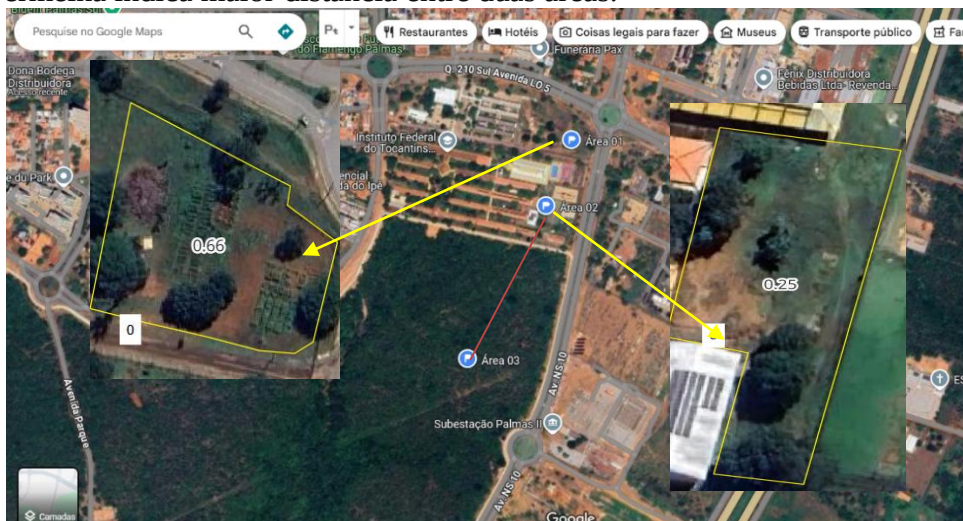
Figura 1 - Localização e delimitação da área do Parque Cesamar, às margens da Área Verde Urbana (AVU) Brejo Comprido.



Nesta área foram amostrados três fragmentos (Figura 2.), com o propósito de representar as

diferentes formas de uso do solo: uma área cultivada com milho e espécies forrageiras (localizada no Campus IFTO), uma área em pousio e uma área de vegetação nativa (situada no Parque Cesamar).

Figura 2 - Localização e delimitação da área de estudo, como Área 1 e 2 tendo suas medidas em ha, a linha vermelha indica maior distância entre duas áreas.

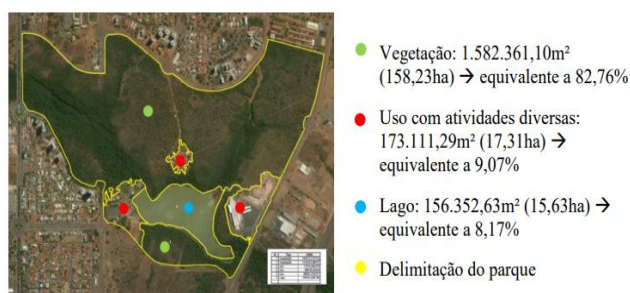


Fonte: Elaborado pelo autor. (Google Earth).

A pesquisa foi conduzida com base nas três áreas descritas na Figura 2, onde a disposição destas áreas se encontra entre ambiente urbanizado e reserva de vegetação nativa onde a distância entre os fragmentos selecionados não foi equidistante, porém a distância entre os dois fragmentos mais distantes foi cerca de mais de meio Km, em linha reta.

ABREU (2019) constatou por meio de análise via satélite do Parque Cesamar quanto ao uso e ocupação do solo, ressaltou a existência de uma vasta área ocupada por vegetação arbórea, predominando as espécies nativas, correspondente a aproximadamente 83% de 192 hectares (Figura 3).

Figura 3 - Mapa e legenda com identificações do uso e ocupação do solo do Parque Cesamar.



Fonte: Imagem aérea elaborada por Simone Dutra (2018), adaptado pela autora (2018).

3.2 Levantamento da florístico da comunidade infestante

Para avaliação fitossociológica da flora infestante, utilizou-se o método do quadrado inventário, amplamente empregado em estudos de vegetação espontânea. Este método consistiu na identificação e contagem das espécies de plantas daninhas presentes em áreas pré-determinadas.

Em cada área foram demarcadas três parcelas de 5 m², nas quais foram realizados dois lançamentos aleatórios do quadrado amostral (0,25 m²), totalizando 18 unidades amostrais. Nessas unidades, fez-se o levantamento florístico das plantas daninhas, com identificação das espécies, contagem do número de indivíduos, registro da cobertura e da frequência relativa. Realizaram-se duas avaliações, em abril e maio, a fim de abranger possíveis variações na emergência do banco de sementes ao longo do período chuvoso. A identificação das espécies contou com o apoio de guias especializados em plantas daninhas.

3.3 Caracterização dos atributos do solo

Paralelamente ao levantamento florístico, realizou-se a caracterização físico-química do solo, com base em análises laboratoriais previamente realizadas. Consideraram-se os seguintes atributos: pH, matéria orgânica, capacidade de troca catiônica (CTC), saturação por bases (V%), macronutrientes (P, K, Ca, Mg), textura e carbono orgânico total.

Esses dados foram organizados em tabelas comparativas entre as áreas, visando identificar relações entre os atributos edáficos e a composição da flora infestante em diferentes tipos de uso e ocupação do solo.

A análise foi de natureza descritiva, com o objetivo de identificar espécies indicadoras de conservação ou degradação, contribuindo para a compreensão das interações entre a qualidade do solo, o uso da terra e a dinâmica da vegetação espontânea.

3.4 Diversidade e dinâmica da comunidade de plantas infestantes

A dinâmica das populações de plantas daninhas foi avaliada por meio da análise fitossociológica, que permitiu identificar as espécies mais relevantes dentro da comunidade infestante. A partir dessas informações, foi possível compreender a influência do manejo e do uso do solo na estrutura da vegetação espontânea. Calcularam-se os índices fitossociológicos propostos por Mueller-Dombois e Ellenberg (1974): densidade, densidade relativa, frequência, frequência relativa, abundância, abundância relativa e o índice de valor de importância (IVI). Esses índices auxiliaram na interpretação do comportamento das espécies e na definição de estratégias de manejo adequadas a cada contexto de uso do solo, obtidas através das seguintes fórmulas:

$$\text{Densidade (De)} = \frac{\text{nº total de indivíduos por espécie}}{\text{área total coletada}} \quad (1)$$

$$\text{Densidade relativa (Der)} = \frac{\text{densidade da espécie} \times 100}{\text{densidade total de todas as espécies}} \quad (2)$$

$$\text{Frequência (Fre)} = \frac{\text{nº de quadrados que contém a espécie}}{\text{área total coletada}} \quad (3)$$

$$\text{Frequência relativa (Frer)} = \frac{\text{frequência da espécie} \times 100}{\text{frequência total de todas as espécies}} \quad (4)$$

$$\text{Abundância (Ab)} = \frac{\text{nº total de indivíduos por espécie}}{\text{nº total de quadrados que contém a espécie}} \quad (5)$$

$$\text{Abundância relativa (Abr)} = \frac{\text{abundância da espécie} \times 100}{\text{abundância total de todas as espécies}} \quad (6)$$

$$\text{Índice de Valores de Importância Relativa (I.V.I.)} = \text{frequência relativa (Frer)} + \text{densidade relativa (Der)} + \text{abundância relativa (Abr)} \quad (7)$$

Os dados fitossociológicos foram correlacionados com os atributos do solo por meio de análises estatísticas descritivas e correlações de Spearman ou Pearson, conforme a distribuição dos dados. Essa abordagem permitiu identificar espécies indicadoras da qualidade ou degradação do solo e fornecer subsídios para a gestão ambiental em áreas de Cerrado.

A diversidade específica da comunidade foi avaliada utilizando os seguintes índices ecológicos: a riqueza (número de espécies), a abundância (número total de indivíduos da amostra), a frequência relativa (F) das espécies, o índice de diversidade de Shannon (H') e o índice de equitabilidade de Pielou (J').

O valor de F foi calculado pela equação $F = (Fo/F1)100$, em que:

Fo é a frequência da espécie e F1 é a frequência total das espécies (SILVA et al., 2006).

A diversidade de Shannon foi calculada pela equação: $H' = -\sum \ln p_i$, em que:

$p_i = n/N$ (MAGURRAN, 1988);

n é o número de indivíduos de uma determinada espécie; e N é o número total de indivíduos ocorrentes.

A equitabilidade foi calculada pela expressão: $J' = H'/\ln S$ (MARTINS & SANTOS, 1999), em que: S é a riqueza.

O índice de Shanon (H') é nulo quando há uma única espécie, e seu valor máximo (H max) é igual a $\log_2 S$ quando todas as espécies têm a mesma abundância (S é igual ao número de

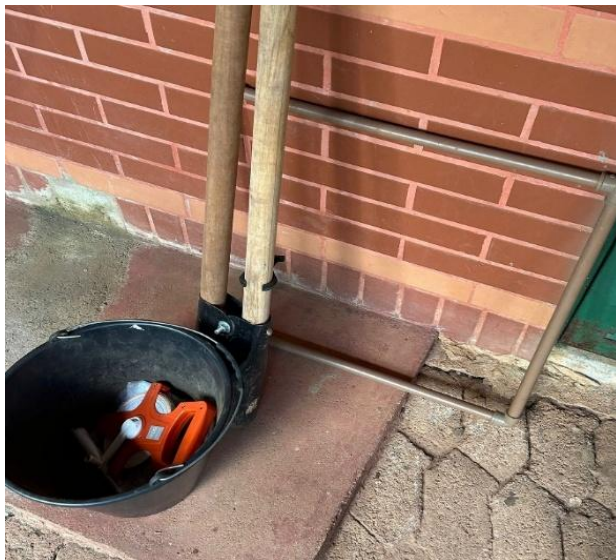
espécies). O índice de equitabilidade (E') tende a zero quando uma espécie domina amplamente a comunidade, sendo igual a um quando todas as espécies têm a mesma abundância (DAJOZ, 2005).

A análise de variância dos dados, com aplicação do teste F, e a comparação de médias por meio do teste Tukey, a 5% de probabilidade, foram feitas pelo programa Sisvar (FERREIRA, 2000).

4. Etapas da Pesquisa de Campo

Para a contagem das espécies vegetais, foi utilizado um quadrado amostral com área de $0,25 \text{ m}^2$. A delimitação da área total, correspondente a 25 m^2 , foi realizada com o auxílio de uma trena. Para a coleta de amostras de solo, com o objetivo de observar a emergência de possíveis espécies indicadoras de degradação do solo, foram utilizados um cavador para a retirada do solo, um balde para transporte, sacos plásticos, fita, pincel e bandejas de alumínio perfuradas, que permitiram melhor drenagem do material. Para melhor compreensão da metodologia empregada, recomenda-se a observação das Figuras 4, 5, 6, 7, 8 e 9.

Figura 4 - Materiais utilizados: cavador (coleta 0 – 20 cm), quadrado amostral (área $0,25 \text{ m}^2$), trena e balde para coleta de solo.



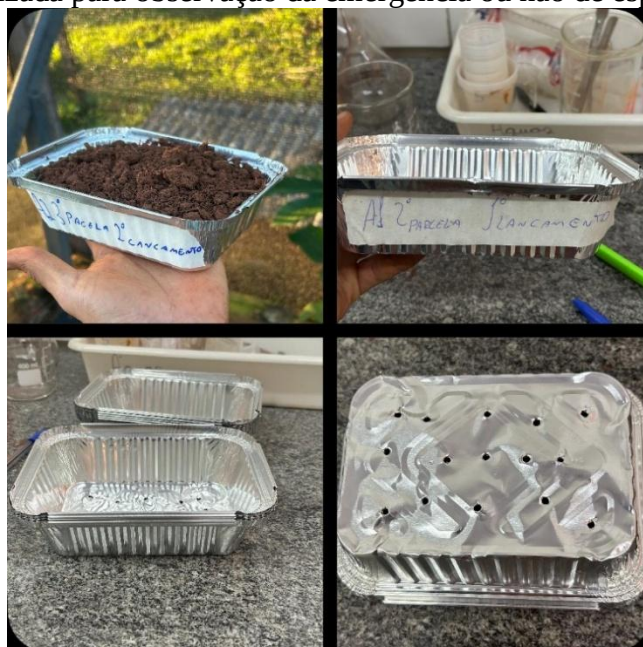
Fonte: autor Matthews Carvalho. (2025).

Figura 5 - Materiais utilizados para acondicionar o solo e identificar as respectivas áreas, parcelas e lançamentos da amostragem.



Fonte: autor Mattews Carvalho. (2025).

Figura 6 - Bandeja utilizada para observação da emergência ou não de espécies.



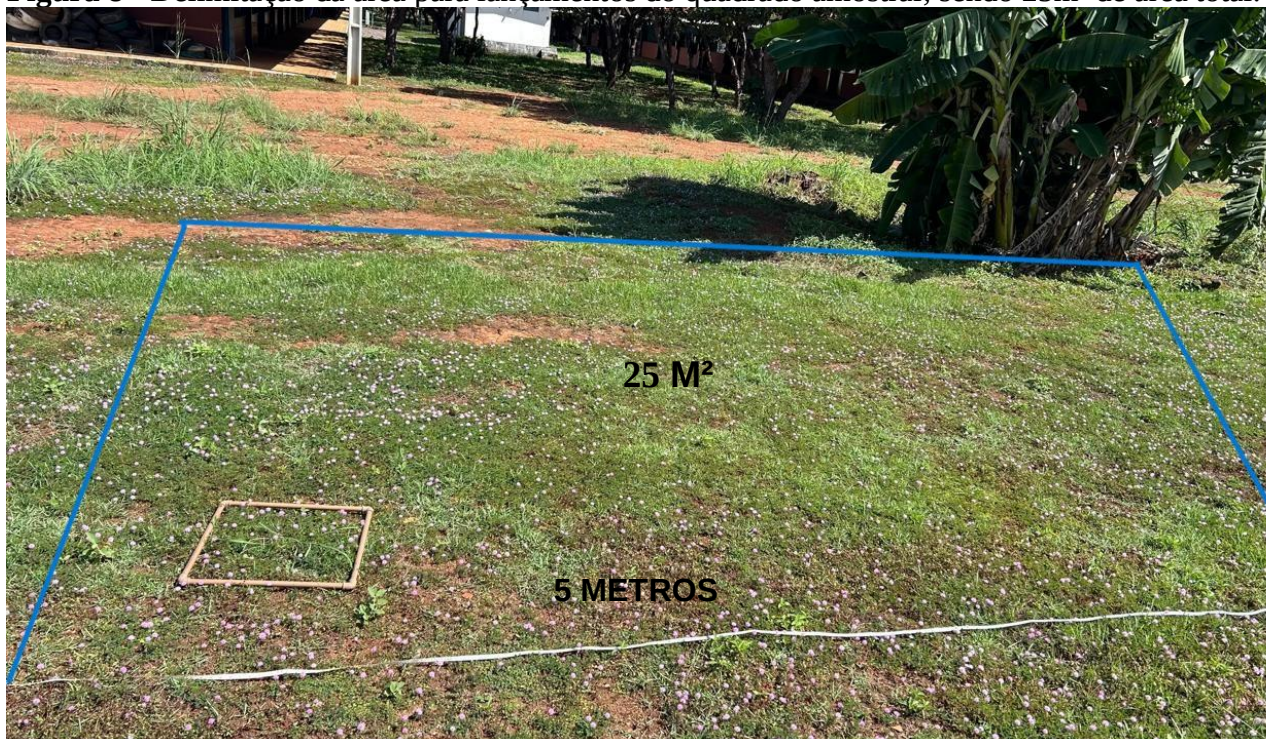
Fonte: autor Mattews Carvalho. (2025).

Figura 7 - Bandejas contendo amostras de solo das áreas de estudo, utilizadas para observar a emergência ou não de espécies infestantes presentes no banco de sementes do solo.



Fonte: autor Matthews Carvalho. (2025).

Figura 8 - Delimitação da área para lançamentos do quadrado amostral, sendo 25m² de área total.



Fonte: autor Matthews Carvalho. (2025).

Figura 9 - Quadrado amostral de 0,25 m² utilizado na contagem e coleta manual de espécies para identificação.



Fonte: autor Matthews Carvalho. (2025).

Foram realizadas duas coletas com um intervalo de aproximadamente 20 dias entre elas. Em cada coleta, foram realizados dois lançamentos do quadrado amostral em três parcelas por área, totalizando 18 lançamentos e 18 amostras de solo por campanha. Considerando as duas coletas, obteve-se um total de 36 lançamentos e 36 amostras de solo, utilizadas tanto para a contagem das espécies vegetais quanto para a retirada de solo com o objetivo de observar a emergência ou não de possíveis espécies bioindicadoras de qualidade e degradação do solo.

5. Resultados e Discursões

5.1. Levantamento florístico da comunidade infestante

Na primeira coleta, realizada em três parcelas com área total de 25m² cada, foram feitos dois lançamentos em cada parcela, foi possível observar distintas composições florísticas em função do uso do solo.

Na Área 01, destinada ao cultivo agrícola, especialmente de milho e algumas espécies forrageiras, foram identificadas 6 espécies infestantes. Dentre elas, destacam-se: *Brachiaria mutica*, *Mimosa pudica* (registrada quatro vezes), *Ageratum conyzoides* (duas vezes), *Hyptis suaveolens* (três vezes), *Sida rhombifolia* e *Euphorbia hirta* (duas vezes).

Na Área 02, correspondente a uma área em pousio, foram contabilizadas 6 espécies, com destaque para: *Brachiaria mutica* (quatro vezes), *Mimosa pudica* (cinco vezes), *Stemodia verticillata*, *Acanthospermum hispidum* e *Hyptis suaveolens*.

Já na Área 03, caracterizada como vegetação nativa (localizada no Parque Cesamar), foram

registradas 5 espécies, entre as quais se destacam: *Mimosa pudica* (duas vezes), *Ageratum conyzoides*, *Axonopus siccus*, *Tristachya leiostachya* (duas vezes) e *Pennisetum setaceum* (duas vezes).

Na segunda coleta, realizada nas mesmas áreas da amostragem anterior, porém em locais distintos dentro de cada uma delas, foi possível observar variações florísticas em função do uso do solo.

Na Área 01, foram identificadas 6 espécies infestantes, sendo elas: *Ageratum conyzoides* (quatro vezes), *Sida rhombifolia* (duas vezes), *Mimosa pudica*, *Pennisetum* spp., *Euphorbia hirta* e *Heliotropium europaeum*.

Na Área 02, foram registradas 6 espécies, destacando-se: *Mimosa pudica* (cinco vezes), *Sida rhombifolia* (três vezes), *Richardia brasiliensis*, *Cynodon dactylon*, *Hyptis suaveolens* e *Borreria* spp.

Na Área 03, identificaram-se um indivíduo, todos pertencentes à mesma espécie: *Tristachya bisostachya*.

Considerando as duas coletas realizadas, obteve-se um total de 14 espécies distribuídas nas três áreas de estudo. Para uma melhor compreensão dos dados, a Tabela 1 apresenta de forma visual a frequência de ocorrência dessas espécies, permitindo uma análise mais clara da diversidade específica observada.

Tabela 1 - Quantidade de espécies encontradas por área de estudo.

Área 1 - Agrícola				Área 2 - Pousio				Área 3 - Vegetação Nativa			
Espécie	Quantidade	Abreviação	Família	Espécie	Quantidade	Abreviação	Família	Espécie	Quantidade	Abreviação	Família
<i>Mimosa pudica</i>	5	Mp	Fabaceae	<i>Mimosa pudica</i>	10	Mp	Fabaceae	<i>Mimosa pudica</i>	2	Mp	Fabaceae
<i>Ageratum conyzoides</i>	6	Agd	Asteraceae	<i>Brachiaria mutica</i>	4	Bm	Poaceae	<i>Ageratum conyzoides</i>	1	Agd	Asteraceae
<i>Sida rhombifolia</i>	3	Sb	Malvaceae	<i>Stemodia verticillata</i>	2	Sv	Plantaginaceae	<i>Axonopus siccus</i>	1	As	Poaceae
<i>Brachiaria mutica</i>	1	Bm	Poaceae	<i>Ageratum conyzoides</i>	1	Agd	Asteraceae	<i>Tristachya leiostachya</i>	8	Tcl	Poaceae
<i>Hyptis suaveolens</i>	3	Hs	Lamiaceae	<i>Hyptis suaveolens</i>	2	Hs	Lamiaceae	<i>Pennisetum setaceum</i>	2	Ptc	Poaceae
<i>Euphorbia hirta</i>	3	Eh	Euphorbiaceae	<i>Sida rhombifolia</i>	3	Sb	Malvaceae				
<i>Pennisetum setaceum</i>	1	Ptc	Poaceae	<i>Richardia brasiliensis</i>	1	Rb	Rubiaceae				
<i>Heliotropium europaeum</i>	1	Hpr	Boraginaceae	<i>Cynodon dactylon</i>	1	Cd	Poaceae				
				<i>Borreria</i>	1	B	Rubiaceae				

Fonte: elaborado pelo autor. (Excel).

5.1.1 Emergência de plantas a partir do banco de sementes do solo em bandejas

Para a identificação das principais espécies de plantas daninhas, foram utilizadas as descrições morfológicas e imagens presentes em duas obras fundamentais: o Manual de Identificação de Plantas Daninhas (BRIGHENTI et al., 2014), que aborda de forma detalhada famílias botânicas como Asteraceae, Malvaceae e Fabaceae; e o livro Manual de Identificação e Controle de Plantas Daninhas: Plantio Direto e Convencional, coordenado por HARRI LORENZI (2014), que também fornece descrições morfológicas minuciosas e informações relevantes para o

reconhecimento das espécies em diferentes sistemas de cultivo. Como apoio complementar, foram utilizados aplicativos baseados em inteligência artificial e bancos de dados botânicos, como PlantNet, PlantIn e iNaturalist (iNat Classic), que auxiliaram na confirmação visual das espécies em campo e em laboratório.

Como complemento ao levantamento fitossociológico realizado em campo, amostras de solo coletadas nas três áreas de estudo foram acondicionadas em bandejas de alumínio perfuradas e mantidas sob condições ambientais favoráveis, com o objetivo de avaliar a emergência de espécies provenientes do banco de sementes do solo.

Das 36 bandejas analisadas, apenas 11 apresentaram algum tipo de emergência. Na Área 1 (agricultura), foram observadas três plântulas emergidas: dois indivíduos de *Ageratum conyzoides* e um de *Mimosa pudica*. Na Área 2 (pousio), seis bandejas apresentaram emergência, totalizando quatro indivíduos de *Mimosa pudica*, um de *Sida rhombifolia* e um de *Euphorbia hirta*. Na Área 3 (vegetação nativa), emergiram dois indivíduos: um de *Mimosa pudica* e um de *Sida rhombifolia*.

Adicionalmente, 10 bandejas apresentaram sinais de emergência inicial; contudo, os indivíduos permaneceram em estágio estacionário, sem desenvolvimento suficiente para permitir a identificação taxonômica. As 15 bandejas restantes não apresentaram qualquer emergência durante o período de observação.

A baixa taxa de emergência pode estar relacionada a diversos fatores ecológicos e técnicos. Um dos principais é a dormência profunda das sementes presentes no solo, de acordo com “Costa et al., 2020; Martins & Oliveira, 2019” isto é uma característica comum entre muitas espécies nativas do Cerrado, que requerem estímulos específicos para germinação, como variações térmicas, escarificação, fotoperíodo ou mesmo a ação do fogo. Além disso, a ausência de estímulos naturais, como a alternância entre períodos de umidade e seca ou a atividade de microrganismos do solo, pode ter limitado a ativação do banco de sementes viáveis.

Outro fator relevante refere-se ao nível de degradação das áreas estudadas, especialmente nas áreas agrícolas e de pastagem, onde o uso intensivo do solo pode ter comprometido a diversidade e a viabilidade do banco de sementes, favorecendo o aparecimento de espécies oportunistas como *Ageratum conyzoides* e *Mimosa pudica*, que possuem alta rusticidade e germinação facilitada. Na área de vegetação nativa, a baixa emergência pode estar associada à dominância de espécies perenes, que investem menos em sementes com germinação rápida.

Apesar das limitações, os resultados obtidos reforçam o papel do banco de sementes do solo como um importante indicador da história de uso e do potencial de regeneração das áreas. As

espécies que conseguiram emergir coincidem, em parte, com aquelas registradas no levantamento fitossociológico, como *Mimosa pudica* e *Sida rhombifolia*, demonstrando sua persistência no ecossistema edáfico e seu potencial como bioindicadoras da qualidade e degradação do solo.

Para melhor visualização dos resultados obtidos, foram elaboradas três representações visuais: a Figura 10, que mostra as plântulas emergidas que puderam ser identificadas com base nas características morfológicas; a Figura 11, referente às plântulas que emergiram, mas permaneceram em estágio estacionário, impossibilitando sua identificação; e a Figura 12, que apresenta as bandejas que não registraram nenhuma emergência durante o experimento.

Figura 10 - Plântulas emergidas em bandejas de solo que puderam ser identificadas quanto à espécie.



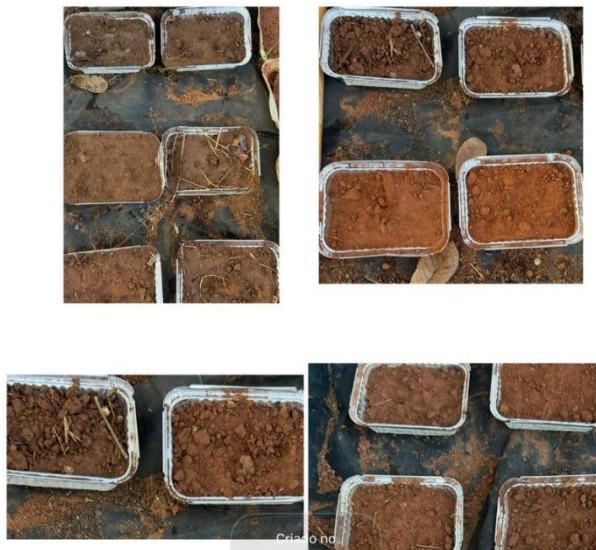
Fonte: autor Colagem app. (2025).

Figura 11 - Emergência de plântulas em estágio estacionário, não identificadas devido ao desenvolvimento insuficiente.



Fonte: autor Collageable. (2025).

Figura 12 - Bandejas de solo que não apresentaram emergência de plântulas durante o período de observação.



Fonte: autor Collageable. (2025).

5.1.2 Índices fitossociológicos

A caracterização fitossociológica das espécies foi realizada com base nos seguintes parâmetros: densidade, densidade relativa, frequência, frequência relativa, abundância, abundância relativa e o Índice de Valor de Importância Relativa (IVI). Esses índices permitiram avaliar a importância ecológica de cada espécie na comunidade vegetal analisada, de acordo com a estrutura florística observada nas áreas estudadas.

Dessa forma, os resultados obtidos estão organizados nas Tabelas 2, 3 e 4, as quais caracterizam a composição florística e os índices fitossociológicos correspondentes a cada área de estudo. A área total amostrada utilizada para o cálculo de alguns parâmetros foi de 3 m² por área, considerando um total de 12 quadrantes em cada uma, distribuídos ao longo de duas coletas. Essa abordagem permitiu uma análise detalhada dos principais índices fitossociológicos das espécies registradas, possibilitando a comparação da estrutura da vegetação infestante em função dos diferentes usos do solo.

Tabela 2 - Tabela de índices fitossociológicos referente a área de uso agrícola.

Espécie	Quantidade	Quadrantes	De	Der (%)	Fr	Frer (%)	Ab	Abr (%)	IV
<i>Mimosa pudica</i>	5	5	1,67	21,74	0,42	21,74	1,00	12,50	55,98
<i>Ageratum conyzoides</i>	6	6	2,00	26,09	0,50	26,09	1,00	12,50	64,67
<i>Sida rhombifolia</i>	3	3	1,00	13,04	0,25	13,04	1,00	12,50	38,59
<i>Brachiaria mutica</i>	1	1	0,33	4,35	0,08	4,35	1,00	12,50	21,20
<i>Hyptis suaveolens</i>	3	3	1,00	13,04	0,25	13,04	1,00	12,50	38,59
<i>Euphorbia hirta</i>	3	3	1,00	13,04	0,25	13,04	1,00	12,50	38,59
<i>Pennisetum setaceum</i>	1	1	0,33	4,35	0,08	4,35	1,00	12,50	21,20
<i>Heliotropium europaeum</i>	1	1	0,33	4,35	0,08	4,35	1,00	12,50	21,20

Fonte: elaborado pelo autor. (Excel).

A composição florística da Área 1 reflete a influência antrópica associada ao uso do solo para fins agrícolas. Dentre as espécies mais importantes, destacam-se:

- *Ageratum conyzoides* (64,67 IVI): Esta espécie é conhecida por sua alta rusticidade e capacidade de colonização em áreas perturbadas, sendo bioindicadora de solos compactados e empobrecidos em matéria orgânica.
- *Mimosa pudica* (55,98 IVI): Frequentemente associada a solos ácidos e degradados, a presença recorrente em áreas agrícolas reflete distúrbios físicos e químicos do solo.
- *Sida rhombifolia* (38,59 IVI) e *Hyptis suaveolens* (38,59 IVI): Ambas são típicas de ambientes antropizados, com baixa fertilidade e ausência de cobertura vegetal permanente.

A dominância de espécies ruderais como *Ageratum conyzoides* e *Mimosa pudica* na área agrícola reflete a degradação do solo causada por práticas agrícolas convencionais, como observado por Alves et al. (2022) e Silva et al. (2022). Essas espécies são indicadoras de solos compactados e empobrecidos em matéria orgânica, o que está de acordo com os achados de Faccin et al. (2020).

Tabela 3 - Tabela de índices fitossociológicos referente a área de pousio.

Espécie	Quantidade	Quadrantes	De	Der (%)	Fr	Frer (%)	Ab	Abr (%)	IVI
<i>Mimosa pudica</i>	10	10	3,33	40,00	0,83	40,00	1,00	11,11	91,11
<i>Brachiaria mutica</i>	4	4	1,33	16,00	0,33	16,00	1,00	11,11	43,11
<i>Stemodia verticillata</i>	2	2	0,67	8,00	0,17	8,00	1,00	11,11	27,11
<i>Ageratum conyzoides</i>	1	1	0,33	4,00	0,08	4,00	1,00	11,11	19,11
<i>Hyptis suaveolens</i>	2	2	0,67	8,00	0,17	8,00	1,00	11,11	27,11
<i>Sida rhombifolia</i>	3	3	1,00	12,00	0,25	12,00	1,00	11,11	35,11
<i>Richardia brasiliensis</i>	1	1	0,33	4,00	0,08	4,00	1,00	11,11	19,11
<i>Cynodon dactylon</i>	1	1	0,33	4,00	0,08	4,00	1,00	11,11	19,11
<i>Borreria</i>	1	1	0,33	4,00	0,08	4,00	1,00	11,11	19,11

Fonte: elaborado pelo autor. (Excel).

Nesta área, podemos dizer que o solo se encontra em processo de regeneração, sem uso

recente, o que se reflete na composição mais diversificada, ainda que com predominância de espécies resistentes. Os principais destaques são:

- *Mimosa pudica* (91,11 IVI): Apesar de ser uma espécie de ambientes degradados, sua alta ocorrência e dominância indicam que o processo de regeneração ainda está em estágio inicial.
- *Brachiaria mutica* (43,11 IVI): Espécie exótica invasora, comumente usada como forrageira, mas que persiste em áreas de regeneração lenta, indicando solos ainda empobrecidos.
- *Stemodia verticillata* e *Hyptis suaveolens* (27,11 IVI cada): Indicadoras de solos com certa instabilidade, mas com potencial de recuperação, por serem espécies que surgem na transição de ambientes perturbados para estágios mais estáveis.

A presença de nove espécies com IVIs entre 19,11 e 91,11 mostra um aumento na diversidade e uma estrutura menos dominada, em comparação com a área agrícola. No entanto, A presença de *Mimosa pudica* e *Brachiaria mutica* na área de pousio indica que o processo de regeneração ainda está em estágio inicial, como sugerido por Moraes et al. (2023). A ocorrência de espécies invasoras como *Brachiaria mutica* também reflete a degradação do solo, conforme observado por Resende et al. (2019).

Tabela 4 - Tabela de índices fitossociológicos referente a área de vegetação nativa.

Espécie	Quantidade	Quadrantes	De	Der (%)	Fr	Frer (%)	Ab	Abr (%)	IVI
<i>Mimosa pudica</i>	2	2	0,67	14,29	0,17	14,29	1,00	20,00	48,57
<i>Ageratum conyzoides</i>	1	1	0,33	7,14	0,08	7,14	1,00	20,00	34,29
<i>Axonopus siccus</i>	1	1	0,33	7,14	0,08	7,14	1,00	20,00	34,29
<i>Tristachya leiostachya</i>	8	8	2,67	57,14	0,67	57,14	1,00	20,00	134,29
<i>Pennisetum setaceum</i>	2	2	0,67	14,29	0,17	14,29	1,00	20,00	48,57

Fonte: elaborado pelo autor. (Excel).

A área de vegetação nativa apresenta o maior equilíbrio ecológico, com destaque para espécies adaptadas ao Cerrado e ausência de dominância de espécies altamente ruderais. Os dados mostram:

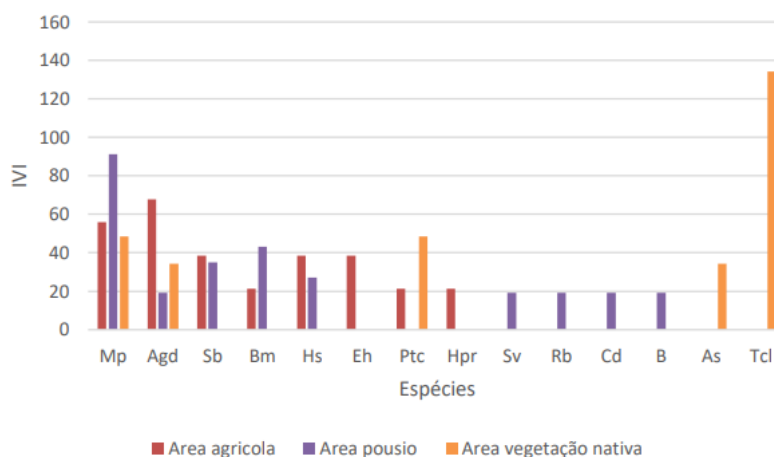
- *Tristachya leiostachya* (134,29 IVI): Gramínea nativa típica do Cerrado, amplamente adaptada aos solos ácidos e de baixa fertilidade natural, sendo um indicativo de estabilidade ecológica e conservação.
- *Mimosa pudica* e *Pennisetum setaceum* (48,57 IVI cada): Embora a presença da Mimosa seja comum em áreas perturbadas, sua ocorrência aqui pode estar relacionada a clareiras naturais ou bordas de trilhas. Já o *Pennisetum*, por ser uma espécie exótica, aponta para possível introdução acidental.

- *Axonopus siccus* e *Ageratum conyzoides* (34,29 IVI): Sua baixa abundância sugere pouca pressão antrópica recente, permitindo o desenvolvimento de espécies características do bioma.

A dominância de *Tristachya leiostachya* na área de vegetação nativa evidencia a estabilidade ecológica e conservação do solo, como descrito por Oliveira-Filho et al. (2021). A presença de espécies nativas adaptadas ao Cerrado, como *Axonopus siccus*, também reflete a boa qualidade do solo, conforme observado por Macedo et al. (2022).

A fim de facilitar a visualização das diferenças na composição florística e na importância ecológica das espécies entre os distintos usos do solo, foi criado o Gráfico 2, que apresenta a comparação dos valores do Índice de Valor de Importância (IVI) das espécies nas três áreas analisadas: agrícola, pousio e vegetação nativa. O gráfico evidencia variações expressivas no IVI de determinadas espécies em função do uso e estado de conservação do solo, permitindo identificar padrões de dominância e distribuição que refletem diretamente o grau de degradação ou equilíbrio ecológico de cada ambiente. Essa representação gráfica constitui uma ferramenta complementar à análise fitossociológica, contribuindo para a interpretação comparativa e integrada dos dados obtidos em campo.

Gráfico 1 - Gráfico de comparação de IVI das Espécies entre as três áreas de estudo.



Fonte: elaborado pelo autor (Excel).

O gráfico comparativo do Índice de Valor de Importância (IVI) entre as três áreas evidencia de forma clara as diferenças na composição e dominância das espécies em função do uso do solo. Na Área 1 (Agrícola), observa-se a prevalência de espécies ruderais como *Ageratum conyzoides* e *Mimosa pudica*, que apresentam os maiores IVIs, refletindo um ambiente com elevada degradação e perturbação antrópica. Já na Área 2 (Pousio), a espécie *Mimosa pudica* também se destaca com alto IVI, indicando que, mesmo em processo de regeneração, a área ainda

apresenta sinais de degradação. No entanto, há uma distribuição mais equilibrada de IVI entre outras espécies, como *Brachiaria mutica* e *Stemodia verticillata*, sugerindo um estágio intermediário de recuperação ecológica.

Por outro lado, na Área 3 (Vegetação Nativa), o destaque absoluto é *Tristachya leiostachya*, com IVI superior a 130, o que evidencia sua dominância em um ambiente com baixa interferência antrópica e características mais próximas do equilíbrio ecológico natural do Cerrado. Além disso, espécies como *Axonopus siccus* e *Pennisetum setaceum* também contribuíram para a estrutura da vegetação local, mostrando a presença de gramíneas adaptadas às condições naturais do solo.

A prevalência de espécies ruderais na área agrícola e a dominância de espécies nativas na área de vegetação nativa refletem a degradação ou conservação do solo, conforme observado por Almeida et al. (2020) e Santos et al. (2019). Esses resultados reforçam o potencial das espécies vegetais como bioindicadoras da qualidade e degradação do solo, sendo o IVI uma ferramenta eficiente para detectar alterações no ecossistema e subsidiar ações de manejo e recuperação ambiental.

5.1.3. Diversidade específica da comunidade entre as três áreas de estudo

A diversidade específica da comunidade de plantas infestantes foi avaliada com base nos seguintes índices ecológicos: riqueza (S), abundância total (N), frequência relativa (F), índice de diversidade de Shannon (H') e índice de equitabilidade de Pielou (J').

Sendo assim a Tabela 5, apresenta os valores de frequência relativa (F) e proporção de indivíduos (p_i) para cada espécie registrada nas áreas agrícola (Área 1), pousio (Área 2) e vegetação nativa (Área 3). Esses dados permitem avaliar a dominância e a distribuição das espécies em cada ambiente. A Tabela 6 apresenta os índices ecológicos calculados para as três áreas de estudo, reunindo informações sobre a riqueza de espécies (S), a abundância total de indivíduos (N), a diversidade de Shannon (H') e a equitabilidade de Pielou (J'). Esses parâmetros são essenciais para comparar a estrutura das comunidades vegetais, fornecendo subsídios para a análise dos efeitos do uso do solo e do estado de conservação ambiental sobre a diversidade de plantas daninhas em cada área.

Tabela 5 - Frequência Relativa e Proporção de Indivíduos por Espécie nas Três Áreas de Estudo.

Área 1 (agrícola)			Área 2 (pousio)			Área 3 (vegetação nativa)		
Espécie	F (%)	pi	Espécie	F (%)	pi	Espécie	F (%)	pi
<i>Mimosa pudica</i>	21,74	0,22	<i>Mimosa pudica</i>	40	0,4	<i>Mimosa pudica</i>	14,29	0,14
<i>Ageratum conyzoides</i>	26,09	0,26	<i>Brachiaria mutica</i>	16	0,16	<i>Ageratum conyzoides</i>	7,14	0,7
<i>Sida rhombifolia</i>	13,04	0,13	<i>Stemodia verticillata</i>	8	0,8	<i>Axonopus siccus</i>	7,14	0,7
<i>Brachiaria mutica</i>	4,35	0,4	<i>Ageratum conyzoides</i>	4	0,4	<i>Tristachya leiostachya</i>	57,14	0,57
<i>Hyptis suaveolens</i>	13,04	0,13	<i>Hyptis suaveolens</i>	8	0,8	<i>Pennisetum setaceum</i>	14,29	0,14
<i>Euphorbia hirta</i>	13,04	0,13	<i>Sida rhombifolia</i>	12	0,12			
<i>Pennisetum setaceum</i>	4,35	0,4	<i>Richardia brasiliensis</i>	4	0,4			
<i>Heliotropium europaeum</i>	4,35	0,4	<i>Cynodon dactylon</i>	4	0,4			
			<i>Borreria</i>	4	0,4			

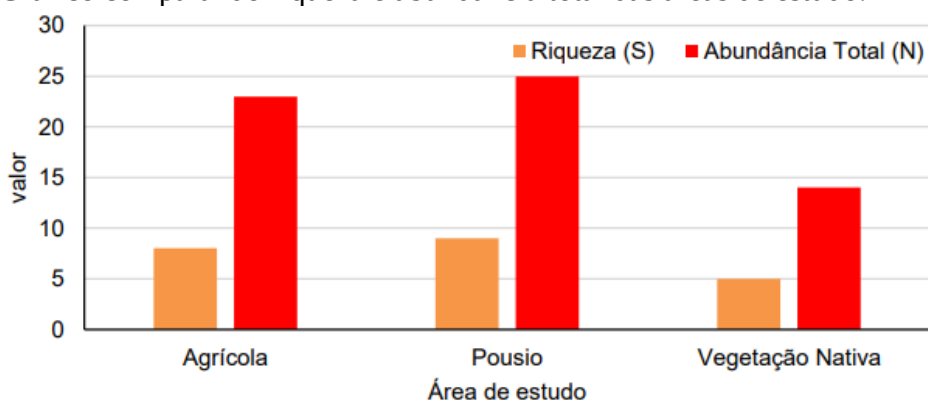
Fonte: elaborado pelo autor. (Excel).

Tabela 6 - Tabela de índices ecológicos calculados para cada área de estudo.

Área	Riqueza (S)	Abundância Total (N)	Diversidade de Shann	Equitabilidade de Piel
Agrícola	8	23	1,89	0,91
Pousio	9	25	1,83	0,83
Vegetação Nativa	5	14	1,25	0,78

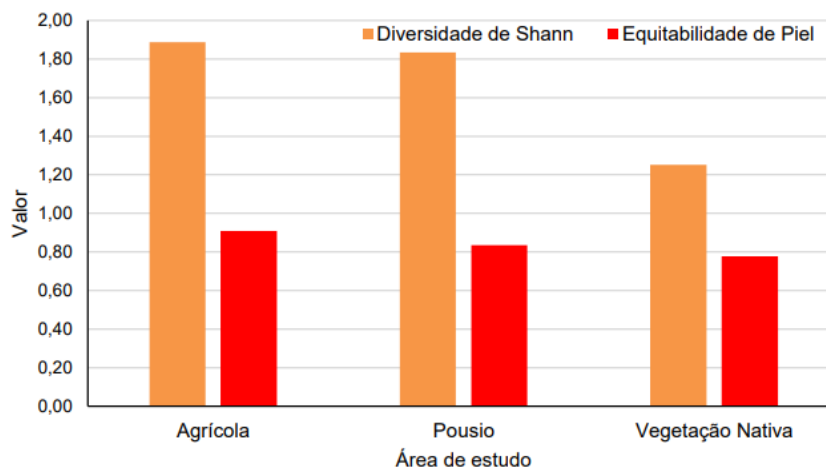
Fonte: elaborado pelo autor. (Excel).

Os Gráficos 2 e 3 abaixo foram elaborados com o objetivo de representar visualmente os índices ecológicos das comunidades vegetais nas três áreas de estudo. O Gráfico 3 compara a riqueza de espécies e a abundância total de indivíduos, enquanto o Gráfico 4 ilustra os valores do índice de diversidade de Shannon (H') e da equitabilidade de Pielou (J'), facilitando a interpretação das diferenças na estrutura florística em função do uso do solo.

Gráfico 2 - Gráfico comparando riqueza e abundância total das áreas de estudo.

Fonte: elaborado pelo autor. (Excel).

Gráfico 3 - Gráfico comparando nas três áreas de estudo a diversidade e equitabilidade por área de estudo.



Fonte: elaborado pelo autor (Excel).

Os gráficos apresentados permitem uma análise comparativa entre os diferentes tipos de uso do solo com base nos índices ecológicos de riqueza, abundância, diversidade e equitabilidade das espécies vegetais.

No primeiro gráfico, observa-se que a Área de Pousio apresentou a maior riqueza específica ($S = 9$) e abundância total ($N = 25$), evidenciando a presença de uma comunidade em regeneração, ainda heterogênea, com coexistência de espécies ruderais e algumas pioneiras. A Área Agrícola, embora apresente valores semelhantes de abundância ($N = 23$), apresentou uma riqueza um pouco menor ($S = 8$), o que pode estar relacionado ao impacto do manejo agrícola contínuo e à seleção natural de espécies mais adaptadas à perturbação, como *Ageratum conyzoides* e *Mimosa pudica*.

Já a Área de Vegetação Nativa, localizada no Parque Cesamar, apresentou os menores valores de abundância ($N = 14$) e riqueza ($S = 5$), o que é esperado em comunidades estáveis e mais conservadas, onde a composição tende a ser mais especializada e menos dominada por espécies oportunistas.

O segundo gráfico mostra o índice de diversidade de Shannon (H') e a equitabilidade de Pielou (J'). A Área Agrícola apresentou o maior valor de diversidade ($H' = 1,89$) e também a maior equitabilidade ($J' = 0,91$), indicando uma distribuição relativamente equilibrada entre as espécies presentes, embora estas sejam em sua maioria plantas ruderais associadas a ambientes perturbados. A Área de Pousio segue com valores intermediários ($H' = 1,83$; $J' = 0,83$), refletindo uma comunidade ainda em transição. Por outro lado, a Área Nativa teve os menores índices de diversidade ($H' = 1,25$) e equitabilidade ($J' = 0,78$), pois é fortemente dominada por *Tristachya*

leioestachya, uma gramínea típica do Cerrado, que por si só representa mais da metade dos indivíduos registrados.

Esses resultados reforçam a hipótese de que o uso do solo influencia diretamente na estrutura da comunidade vegetal, com áreas antropizadas apresentando maiores valores de diversidade numérica, porém dominadas por espécies bioindicadoras de degradação, enquanto áreas conservadas, embora apresentem menor diversidade numérica, mantêm espécies características do bioma e melhor integridade ecológica.

5.2 Caracterizar os atributos químicos, físicos e biológicos do solo

Com base nas análises laboratoriais realizadas, foi possível caracterizar os atributos químicos, físicos e biológicos dos solos das três áreas de estudo. Os resultados contemplam indicadores como pH, matéria orgânica, capacidade de troca de cátions (CTC), saturação por bases e por alumínio, carbono orgânico total e textura do solo. Essas variáveis são fundamentais para avaliar a fertilidade, o grau de degradação e a qualidade ambiental de cada área. A seguir, a Tabela 7 apresenta de forma comparativa os principais atributos edáficos identificados em cada local.

Tabela 7 - Características dos atributos químicos, físicos e biológicos do solo.

Tabela de atributos químicos, físicos e biológicos do solo							
ÁREA	pH (CaCl ₂)	M.O (%)	CTC (cmol/dm ³)	V (%)	m(%)	C (g/dm ³)	Textura (%)
Agrícola	4,42	1,23	3,92	28,58	15,16	7,13	53,5
Pousio	5,1	1,63	5,31	51,04	3,56	9,45	53,97
Nativa	4,47	1,87	4,47	26,18	25,48	10,84	54,8

Fonte: elaborado pelo autor. (Excel).

Na Área 1, o solo apresentou pH de 4,42 (ácido), baixa matéria orgânica (1,23%) e carbono orgânico total de 7,13 g/dm³. A capacidade de troca de cátions (CTC) foi de 3,92 cmol/dm³, considerada baixa, com saturação por bases de apenas 28,58%. A textura foi arenosa (53,5% de areia total), o que indica baixa retenção de água e nutrientes. Esses dados refletem um solo com baixa fertilidade e possível degradação, favorecendo o desenvolvimento de espécies ruderais e indicadoras de distúrbio.

A Área 2 demonstrou os melhores indicadores de fertilidade entre as três áreas. O pH foi de 5,10 (levemente ácido), a matéria orgânica alcançou 1,63% e o carbono 9,45 g/dm³. A CTC foi de 5,31 cmol/dm³ e a saturação por bases de 51,04%, refletindo maior disponibilidade de nutrientes. A textura também foi arenosa (53,97%), mas com melhores teores de cálcio e magnésio.

Já a Área 3, embora tenha apresentado o maior teor de matéria orgânica (1,87%) e carbono (10,84 g/dm³), revelou acidez elevada (pH 4,47), alta saturação por alumínio (25,48%) e baixa

saturação por bases (26,18%). A CTC foi de 4,47 cmol/dm³, com textura arenosa (54,8%). Esses parâmetros indicam um solo com limitação química relevante, apesar do conteúdo orgânico.

A comparação entre os atributos edáficos e a composição florística nas três áreas evidenciou uma relação direta entre a qualidade do solo e o padrão de ocorrência das espécies infestantes. Solos mais ácidos, com baixos teores de matéria orgânica, carbono e baixa saturação por bases como observado na Área 1 favoreceram o estabelecimento de espécies ruderais adaptadas a ambientes degradados. Por outro lado, a Área 2, com melhores condições químicas e maior equilíbrio entre os atributos de fertilidade, apresentou composição florística mais diversa, com espécies indicadoras de ambientes em regeneração.

Já a Área 3, apesar do alto teor de matéria orgânica, apresentou limitações químicas naturais como a acidez elevada e a alta saturação por alumínio, refletindo-se em uma vegetação mais típica de ambientes nativos. Esses resultados reforçam a importância da análise integrada dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo, aliados à avaliação da vegetação espontânea, como ferramenta eficaz para o diagnóstico da qualidade do solo e do uso da terra.

Esses resultados reforçam a importância da análise integrada dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo, aliados à avaliação da vegetação espontânea, como ferramenta eficaz para o diagnóstico da qualidade do solo e do uso da terra, como sugerido por Lopes et al. (2022).

5.3 Comparação da Diversidade e Composição da Flora Infestante entre Diferentes Tipos de Uso do Solo.

A análise da diversidade e composição da flora infestante nas três áreas de estudo demonstrou que os diferentes usos e condições edáficas dos solos influenciam diretamente a estrutura da vegetação espontânea. Na Área 1, de uso agrícola contínuo, as características de baixa fertilidade, pH ácido e baixos teores de matéria orgânica e carbono favoreceram o desenvolvimento de espécies ruderais com alta capacidade de colonização, como *Mimosa pudica*, *Ageratum conyzoides* e *Sida rhombifolia*. Essas espécies apresentaram alta frequência e elevado IVI, refletindo a intensa pressão antrópica e o grau de degradação do solo.

Na Área 2, classificada como pousio, os atributos do solo indicaram uma condição intermediária de fertilidade, com melhor CTC, maior saturação por bases e pH menos ácido. Essa melhoria nas condições químicas do solo favoreceu o surgimento de uma composição florística ainda diversa, mas com espécies que indicam ambientes em processo de recuperação, como *Brachiaria mutica*, *Mimosa pudica* e *Ageratum conyzoides*, que coexistem tanto em áreas impactadas quanto em ambientes em transição.

A Área 3, por sua vez, inserida em vegetação nativa preservada, apresentou menor riqueza de espécies, porém com composição característica de ambientes naturais. Espécies como *Tristachya leiostachya*, *Axonopus siccus* e *Stemodia verticillata* foram predominantes, o que está associado à maior matéria orgânica e ao elevado teor de carbono no solo, ainda que com limitação química causada pela alta acidez e saturação por alumínio. Essa configuração indica menor distúrbio físico, típico de solos do Cerrado em condição próxima ao equilíbrio ecológico.

A comparação entre as áreas evidencia que solos mais degradados favorecem a emergência de espécies oportunistas e indicadoras de impacto, enquanto solos com maior equilíbrio de atributos químicos e maior conteúdo orgânico tendem a abrigar uma vegetação infestante mais específica e adaptada. Conforme observado por Alves et al. (2022) e Silva et al. (2022), a flora espontânea reflete diretamente a qualidade do solo, reforçando sua utilidade como ferramenta de diagnóstico ambiental e suporte à tomada de decisões para o manejo sustentável do uso da terra.

5.4 Relação entre a Presença de Espécies Infestantes e os Indicadores de Qualidade ou Degradação do Solo: Potencial como Bioindicadoras Ambientais.

A associação entre os parâmetros edáficos e a ocorrência das espécies infestantes nas áreas estudadas permitiu identificar padrões ecológicos consistentes, indicando que determinadas plantas espontâneas respondem de forma direta à qualidade do solo e ao histórico de uso da terra. Essa correlação fortalece o entendimento do potencial dessas espécies como bioindicadoras ambientais.

Na Área 1, onde o solo apresentou os piores indicadores de fertilidade pH ácido (4,42), baixos teores de matéria orgânica (1,23%) e carbono (7,13 g/dm³), além de baixa CTC (3,92 cmol/dm³) e saturação por bases reduzida (28,58%) observou-se elevada frequência e dominância de *Mimosa pudica*, *Ageratum conyzoides* e *Sida rhombifolia*. Tais espécies se destacaram com altos IVIs e são reconhecidas por sua capacidade de colonizar ambientes degradados, com baixo aporte nutricional e elevada compactação. Portanto, sua presença recorrente pode ser considerada um indicativo de degradação ambiental, representando espécies bioindicadoras de distúrbios antrópicos e desequilíbrios edáficos.

Na Área 2, os atributos do solo apontaram uma fertilidade intermediária (pH 5,10, 1,63% de matéria orgânica, CTC de 5,31 cmol/dm³ e saturação por bases de 51,04%). Nesse ambiente, embora ainda ocorra *Mimosa pudica*, registrou-se maior diversidade e presença de espécies como *Brachiaria mutica* e *Ageratum conyzoides*. O padrão observado indica que essas espécies podem persistir mesmo em solos em processo de regeneração, funcionando como indicadores de transição ecológica, em especial em áreas de pousio com histórico de uso agrícola.

Já a Área 3, situada em vegetação nativa, embora apresente limitações químicas naturais (pH 4,47 e alta saturação por alumínio 25,48%), destacou-se pelos maiores teores de matéria orgânica (1,87%) e carbono (10,84 g/dm³), além da presença de espécies típicas do Cerrado, como *Tristachya leiostachya*, *Axonopus siccus* e *Stemodia verticillata*. A frequência dessas espécies em áreas com menor distúrbio antrópico reforça sua função como bioindicadoras de equilíbrio ecológico e de ambientes conservados, mesmo diante de solos quimicamente limitantes, mas ecologicamente estáveis.

A distribuição e a frequência das espécies infestantes evidenciam sua sensibilidade às variações nas condições do solo, refletindo os diferentes estágios de conservação ou degradação das áreas. Conforme observado por Alves et al. (2022) e Lopes et al. (2022), as plantas infestantes podem ser utilizadas como bioindicadoras ambientais, fornecendo informações valiosas sobre a qualidade do solo e o impacto das atividades humanas.

Além disso, a capacidade dessas espécies de refletir as condições edáficas específicas, como observado por Faccin et al. (2020) e Moraes et al. (2023), reforça sua utilidade como ferramenta de diagnóstico ambiental. A presença de espécies como *Mimosa pudica* e *Ageratum conyzoides* em áreas degradadas e *Tristachya leiostachya* e *Axonopus siccus* em áreas preservadas demonstra a capacidade dessas espécies de atuar como sentinelas ecológicas.

5.5 Discutir o potencial das espécies infestantes como ferramentas auxiliares no monitoramento da sustentabilidade do uso do solo no bioma Cerrado

A utilização de espécies infestantes como ferramentas auxiliares no monitoramento da sustentabilidade do uso do solo representa uma abordagem inovadora, prática e economicamente viável no contexto da conservação ambiental e da agricultura sustentável, especialmente em regiões de elevada sensibilidade ecológica como o bioma Cerrado. Os resultados obtidos ao longo deste estudo reforçam a eficácia dessa estratégia, demonstrando que a composição florística da vegetação espontânea é fortemente influenciada pelos atributos físicos, químicos e biológicos do solo, refletindo as condições de uso, manejo e degradação ambiental de cada área analisada.

A clara associação entre a presença de determinadas espécies, como *Mimosa pudica*, *Ageratum conyzoides*, *Sida rhombifolia* e *Brachiaria mutica*, com solos de baixa fertilidade, acidez elevada, baixa matéria orgânica e reduzida CTC, evidencia que essas plantas podem funcionar como indicadores naturais de ambientes degradados. Por sua vez, espécies como *Tristachya leiostachya*, *Axonopus siccus* e *Stemodia verticillata*, encontradas em áreas com maior teor de matéria orgânica, maior estabilidade ecológica e menor intervenção antrópica, reforçam seu papel como indicadoras de solos conservados e em equilíbrio ecológico.

Dessa forma, as plantas infestantes não apenas revelam o estado atual do solo, mas também fornecem pistas sobre seu histórico de uso, permitindo a identificação de áreas em processo de degradação ou regeneração. Essa característica confere às espécies espontâneas uma função estratégica no planejamento do uso da terra, viabilizando a adoção de medidas preventivas ou corretivas voltadas à conservação da fertilidade, à redução da compactação e à promoção da biodiversidade edáfica.

Além disso, o uso dessas espécies como bioindicadores pode complementar, ou em alguns casos substituir, métodos convencionais de diagnóstico ambiental que demandam maior custo e infraestrutura. Essa abordagem é particularmente relevante para pequenos e médios produtores, órgãos de extensão rural e programas de recuperação de áreas degradadas, que muitas vezes enfrentam limitações financeiras e técnicas para realizar análises laboratoriais constantes.

A integração do conhecimento sobre a ecologia das plantas daninhas ao monitoramento da qualidade do solo é uma estratégia promissora para a sustentabilidade dos agroecossistemas no Cerrado, como sugerido por Oliveira-Filho et al. (2021) e Macedo et al. (2022). Essa prática favorece a tomada de decisões mais informadas, alinhadas com os princípios da agroecologia, do manejo conservacionista e da preservação dos recursos naturais, contribuindo significativamente para a resiliência ambiental e para o uso responsável da biodiversidade vegetal nativa e espontânea.

5.5.1 Fisiologia das Plantas *Ageratum conyzoides* e *Mimosa pudica*.

Essas duas espécies foram as que apareceram nas três áreas de estudo, e a eficiência fotossintética das plantas *Ageratum conyzoides* e *Mimosa pudica* é influenciada pelo tipo de via fotossintética que elas utilizam. *Ageratum conyzoides* é uma planta C3, que utiliza a via fotossintética de Calvin-Benson, enquanto *Mimosa pudica* também é uma planta C3. A via C3 é mais comum em plantas que crescem em ambientes com alta disponibilidade de água e luz moderada. Já as plantas C4, como algumas espécies de gramíneas, são mais adaptadas a ambientes com alta temperatura e radiação solar.

A eficiência fotossintética dessas plantas é influenciada por fatores como a intensidade luminosa, a temperatura, a disponibilidade de água e nutrientes. Em condições de estresse, como alta temperatura e seca, as plantas C4 tendem a ser mais eficientes do que as plantas C3. No entanto, em condições de luz moderada e alta disponibilidade de água, as plantas C3 podem ser mais eficientes.

A compreensão da fisiologia das plantas infestantes, como *Ageratum conyzoides* e *Mimosa*

pubica, pode ser útil para o monitoramento da sustentabilidade do uso do solo no bioma Cerrado. A presença dessas plantas pode indicar condições específicas do solo, como baixa fertilidade e alta acidez, e pode ser utilizada como um indicador de degradação ambiental. Além disso, a compreensão da eficiência fotossintética dessas plantas pode ajudar a entender como elas se adaptam a diferentes condições ambientais e como podem ser utilizadas como ferramentas auxiliares no monitoramento da sustentabilidade do uso do solo.

Conforme observado por Alves et al. (2022) e Lopes et al. (2022), a utilização de plantas infestantes como bioindicadores pode ser uma estratégia eficaz para o monitoramento da qualidade do solo e da sustentabilidade do uso do solo no bioma Cerrado.

5.6 Teste de comparação de médias (Tukey) para os índices fitossociológicos.

Para verificar se existiam diferenças estatisticamente significativas entre as três áreas de estudo (agrícola, pousio e vegetação nativa), foi realizada uma análise de variância (ANOVA) seguida pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. O objetivo foi comparar as médias dos índices fitossociológicos (De, Der, Fr, Frer, Ab, Abr e IVI) entre os diferentes usos do solo, a Tabela 8 apresenta os resultados do teste de Tukey e a respectiva discussão dos mesmos.

Tabela 8 - Resultados do teste de Tukey ($p \leq 0,05$) aplicado aos índices fitossociológicos das três áreas de estudo (Agrícola, Pousio e Vegetação Nativa).

Índice	Área	Média	Comparação	Diferença	DMS	Significância
De	Agrícola	0,55	Agrícola vs Pousio	0,10	0,70	Não
	Pousio	0,64	Agrícola vs Nativa	0,21	0,70	Não
	Nativa	0,33	Pousio vs Nativa	0,31	0,70	Não
Der	Agrícola	7,14	Agrícola vs Pousio	0,00	9,45	Não
	Pousio	7,14	Agrícola vs Nativa	0,00	9,45	Não
	Nativa	7,14	Pousio vs Nativa	0,00	9,45	Não
Fr	Agrícola	0,14	Agrícola vs Pousio	0,01	0,18	Não
	Pousio	0,15	Agrícola vs Nativa	0,06	0,18	Não
	Nativa	0,08	Pousio vs Nativa	0,07	0,18	Não
Frer	Agrícola	7,14	Agrícola vs Pousio	0,00	9,45	Não
	Pousio	7,14	Agrícola vs Nativa	0,00	9,45	Não
	Nativa	7,14	Pousio vs Nativa	0,00	9,45	Não
Ab	Agrícola	0,57	Agrícola vs Pousio	0,07	0,47	Não
	Pousio	0,64	Agrícola vs Nativa	0,21	0,47	Não
	Nativa	0,36	Pousio vs Nativa	0,29	0,47	Não
Abr	Agrícola	8,00	Agrícola vs Pousio	0,00	0,00	Não
	Pousio	9,00	Agrícola vs Nativa	0,00	0,00	Não
	Nativa	5,00	Pousio vs Nativa	0,00	0,00	Não
IVI	Agrícola	21,64	Agrícola vs Pousio	0,79	27,15	Não
	Pousio	20,86	Agrícola vs Nativa	0,22	27,15	Não
	Nativa	21,43	Pousio vs Nativa	0,57	27,15	Não

Fonte: elaborado pelo autor. (Excel).

Os resultados (Tabela X) indicaram que não houve diferença significativa entre as áreas para nenhum dos índices avaliados. Isso demonstra que, embora tenham sido observadas variações nos valores médios de densidade, frequência, abundância e IVI, essas diferenças não foram suficientemente expressivas do ponto de vista estatístico. Tal comportamento pode estar

relacionado ao número reduzido de espécies registradas, ao tamanho da amostragem e à semelhança estrutural entre as comunidades infestantes, o que contribuiu para uma maior homogeneidade dos dados. Dessa forma, a ausência de significância estatística sugere que a composição e a estrutura das comunidades infestantes, apesar de refletirem o uso e a qualidade do solo, não apresentaram variação suficientemente marcada entre as áreas para ser detectada pelo teste estatístico.

6. Conclusão

Este estudo demonstrou que as espécies infestantes são ferramentas valiosas para avaliar a qualidade e a degradação do solo no Cerrado, oferecendo um método prático e de baixo custo para diagnóstico ambiental. A análise da flora espontânea revelou uma relação direta entre a presença de determinadas espécies e os atributos de qualidade do solo, como pH, matéria orgânica, carbono e CTC.

A presença de plantas como *Mimosa pudica* e *Ageratum conyzoides* em áreas agrícolas sinalizou solos degradados, enquanto a diversidade em áreas de pousio refletiu processos de regeneração. Já a vegetação nativa, mesmo em solos com limitações naturais, abrigou espécies adaptadas, como *Tristachya leiostachya*, evidenciando resiliência ecológica. Os resultados reforçam a importância de integrar a análise da flora espontânea ao manejo agrícola, permitindo ações mais sustentáveis e conservacionistas. Essa abordagem não apenas auxilia na identificação de áreas degradadas, mas também orienta estratégias de recuperação, contribuindo para a preservação do Cerrado e a segurança alimentar.

No entanto, são necessários trabalhos futuros que avaliem a dinâmica das espécies infestantes em diferentes estações do ano e anos subsequentes, para melhor compreender a relação entre a flora espontânea e os atributos de qualidade do solo.

O produtor pode utilizar a análise da flora espontânea como uma ferramenta auxiliar para avaliar a qualidade do solo e identificar áreas degradadas, promovendo práticas de manejo agrícola que promovam a biodiversidade e a resiliência ecológica no Cerrado.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, C. R. Análise da cobertura vegetal do Parque Cesamar, Palmas–TO, por sensoriamento remoto. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) – Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2019.
- ALENCAR, A.; PACHECO, R.; PIONTEKOWSKI, V. et al. Mapping three decades of changes in the Brazilian savanna native vegetation using Landsat data processed in the Google Earth Engine platform. *Remote Sensing*, v. 13, n. 15, p. 2838, 2021.
- ALMEIDA, F. R.; SANTOS, M. A. Práticas conservacionistas e sua influência no banco de sementes do solo em áreas agrícolas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 43, p. e0190120, 2019. DOI: 10.1590/18069657rbcs20190120.
- ALMEIDA, R. A.; COSTA, F. S.; SOUSA, E. S. Plantas espontâneas como bioindicadoras da qualidade do solo em sistemas agrícolas. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 15, n. 3, p. 201-214, 2020.
- ALMEIDA, R. A.; LIMA, J. P.; COSTA, F. S. Plantas espontâneas como bioindicadoras da qualidade do solo em sistemas agrícolas. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 18, n. 2, p. 215-227, 2023.
- ALVES, L. F. A. et al. Plantas espontâneas como bioindicadoras da qualidade do solo em diferentes sistemas de manejo. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 45, n. 2, p. 289-298, 2022.
- ALVES, L. G. et al. Plantas espontâneas como ferramentas no manejo sustentável do solo. *Cadernos de Agroecologia*, v. 17, n. 1, p. 1–10, 2022.
- BFG (The Brazil Flora Group). Flora do Brasil 2020. 1-28 pp. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2021. DOI: <http://doi.org/10.47871/jbrj2021001>.
- BORGES, R. M.; SOUSA, E. S.; ALMEIDA, M. C. Efeito de plantas daninhas sobre a microbiota e atributos químicos do solo. *Ceres*, v. 68, n. 6, p. 561-570, 2021.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conservação do solo. Brasília: MMA, 2020. Disponível em: (ligação indisponível). Acesso em: 20 abr. 2025.
- BRIGHENTI, A. M. et al. *Manual de identificação e manejo de plantas daninhas em cultivos de cana-de-açúcar*. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2010. 112 p.
- CARVALHO, F. T. et al. Ocorrência de espécies daninhas indicadoras da qualidade do solo. *Revista Agroambiente*, v. 9, n. 1, p. 72-80, 2015.
- COSTA, L. P.; MARTINS, A. C.; OLIVEIRA, R. S. Dormência de sementes no Cerrado: mecanismos e fatores ambientais. *Acta Botanica Brasilica*, v. 34, n. 2, p. 185-196, 2020. DOI:

10.1590/0102-33062020abb0158.

DAJOZ, R. *Ecologia geral*. 7. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. 519 p.

DURIGAN, G.; SIQUEIRA, M. F.; FRANCO, G. A. D. A vegetação do Cerrado como indicadora da qualidade ambiental. *Cadernos de Biodiversidade*, v. 4, n. 2, p. 25–35, 2004.

EMBRAPA. Uso e manejo do solo. Brasília: Embrapa Solos, 2020. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1118534/1/Usoemanejodosolo.pdf>. Acesso em: 18 abr. 2025.

FACCIN, A. C. et al. Potencial de espécies vegetais espontâneas como bioindicadoras da qualidade do solo. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, n. 60, p. 1–14, 2021.

FACCIN, H. E. F. et al. Plantas daninhas como bioindicadoras da qualidade do solo em sistemas agroecológicos. *Revista de Ciências Ambientais*, v. 14, n. 2, p. 1-12, 2020.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do SISVAR para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. *Anais [...]*. São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255–258.

FERREIRA, L. G. et al. *Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação*. Brasília: Embrapa Cerrados, 2020.

FERREIRA, M. E.; FERREIRA, L. G.; MIZIARA, F. Land use and land cover dynamics in the Cerrado: drivers, patterns, and conservation implications. *Land Use Policy*, v. 131, p. 106653, 2023.

LOPES, L. C.; BARBOSA, L. M.; MOURA, R. L. Indicadores biológicos e manejo sustentável do solo. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 45, n. 2, p. 189-198, 2022.

LORENZI, H. (Coord.). *Manual de Identificação e Controle de Plantas Daninhas: Plantio Direto e Convencional*. 7. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2014. 379 p.

LOSS, A. et al. Qualidade do solo: conceitos, indicadores e importância. *Revista Ciência Agronômica*, v. 42, n. 2, p. 411–422, 2011.

MACEDO, M. N.; BUSTAMANTE, M. M. C.; NEPSTAD, D. C. et al. Agricultural expansion in the Brazilian Cerrado: carbon implications of land-use change. *Global Change Biology*, v. 28, n. 4, p. 1228-1243, 2022.

MARTINS, A. C.; OLIVEIRA, R. S. Estratégias adaptativas de sementes no bioma Cerrado: dormência e emergência. *Ecologia e Biodiversidade*, v. 12, n. 1, p. 45-57, 2019.

MARTINS, D.; SANTOS, R. F. Efeitos da cobertura vegetal sobre a composição de plantas daninhas em solos degradados no Cerrado. *Revista Agroambiental*, v. 11, n. 3, p. 66–74, 2019.

- MARTINS, D.; SANTOS, R. F. Índices de diversidade aplicados ao estudo de plantas daninhas em sistemas agrícolas. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 4, n. 1, p. 45–52, 1999.
- MARTINS, G. F. et al. Diagnóstico ambiental por meio de plantas bioindicadoras: estudo em áreas de Cerrado. *Revista Verde*, v. 15, n. 3, p. 123-130, 2020.
- MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Cerrado: conservação e uso sustentável. Brasília: MMA, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br>. Acesso em: 12 ago. 2025.
- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. *Microbiologia e bioquímica do solo*. 2. ed. Lavras: UFLA, 2006.
- MORAES, V. F.; SOUZA, J. D.; LIMA, R. S. Banco de sementes do solo como indicador ambiental: revisão atualizada. *Revista de Ecologia e Meio Ambiente*, v. 29, p. e2023004, 2023. DOI: 10.1590/rem2023004.
- NASCIMENTO, R. S. et al. Biodiversidade do solo e seus serviços ecossistêmicos. In: SANTOS, G. A. et al. (org.). *Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais*. 3. ed. Porto Alegre: Metropole, 2021. p. 171–198.
- OLIVEIRA, P. R.; SILVA, A. M.; ANDRADE, V. F. Expansão e impactos ambientais de *Pennisetum setaceum* no Brasil. *Revista Brasileira de Biociências*, v. 18, n. 3, p. 1-12, 2020.
- OLIVEIRA, R. S.; FRANCO, A. C.; BUCCI, S. J. et al. Belowground carbon storage in the Brazilian Cerrado: the key role of deep root systems. *Plant and Soil*, v. 453, p. 1-20, 2020.
- OLIVEIRA FILHO, E. C. et al. Qualidade do solo em sistemas agrícolas do Cerrado: indicadores e sustentabilidade. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 51, e66345, 2021.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T. et al. Comunidades de plantas daninhas como indicadoras da degradação do solo em áreas do Cerrado. *Revista Brasileira de Ecologia*, v. 25, n. 2, p. 45–55, 2021.
- PEREIRA, F. C.; SOUZA, M. C.; SANTOS, A. A. Ciclo de vida e dispersão de plantas daninhas em ambientes agrícolas. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 43, n. 1, p. 51-60, 2020.
- PEREIRA, T. M.; ALVES, D. F.; SILVA, G. A. Influência das práticas agrícolas sobre a diversidade do banco de sementes. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 45, n. 3, p. 230-241, 2022.
- PLANTIN. PlantIn – Identificação de plantas e cuidados. Disponível em: <https://myplantin.com/>. Acesso em: 13 jun. 2025.
- PLANTNET. PlantNet – Identificação de plantas. Disponível em: <https://identify.plantnet.org/>. Acesso em: 13 jun. 2025.
- RESENDE, A. S. et al. Impactos da intensificação agrícola sobre os atributos do solo no Cerrado.

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento/Embrapa, 2019.

RESENDE, A. S. et al. Indicadores de degradação de pastagens e estratégias de recuperação. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 14, n. 3, p. 1–9, 2019.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (eds.). *Cerrado: ecologia e flora*. Brasília: Embrapa, 2008. p. 151-212.

ROCHA JUNIOR, P. R. et al. Impactos da urbanização na qualidade do solo: estudo de caso em áreas do Cerrado. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, n. 55, p. 1-12, 2020.

RODRIGUES, K. M. et al. Alterações na composição florística de áreas degradadas do Cerrado e sua relação com atributos do solo. *Cadernos de Agroecologia*, v. 6, n. 2, 2011.

SANTOS, A. R.; LIMA, V. S.; PEREIRA, M. G. Vegetação espontânea como indicadora de atributos químicos e físicos do solo. *Agropecuária Técnica*, v. 40, n. 1, p. 53-61, 2019.

SANTOS, H. G. et al. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 5. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

SANTOS, R. D. et al. *Manual de descrição e coleta de solo no campo*. 7. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2013.

SILVA, J. F. et al. Levantamento fitossociológico de plantas daninhas em áreas agrícolas. *Planta Daninha*, v. 24, n. 3, p. 617–625, 2006.

SILVA, L. M.; COSTA, R. S.; PEREIRA, J. M. Ocorrência de *Hyptis suaveolens* em áreas degradadas: relação com atributos químicos do solo. *Revista Agro@mbiente*, v. 15, n. 3, p. 1-9, 2021.

SILVA, M. F.; GOMES, L. P.; VIEIRA, R. S. Ocorrência e manejo integrado de plantas daninhas em sistemas de produção. *Agropecuária Científica no Semiárido*, v. 18, n. 1, p. 56-64, 2022.

SILVA, M. L. N. et al. Qualidade do solo: conceitos, indicadores e importância. *Circular Técnica Embrapa*, n. 28, 2015.

SILVA, R. T.; OLIVEIRA, M. B.; RIBEIRO, J. C. Formação e dinâmica do banco de sementes em ecossistemas tropicais. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 51, n. 1, p. 57-66, 2021.

SOUZA, L. H.; RIBEIRO, P. F. Transporte e deposição de sementes: processos e implicações para o banco de sementes do solo. *Revista Brasileira de Botânica*, v. 43, p. 118-130, 2020.

SOUZA, T. S.; ANDRADE, V. F.; OLIVEIRA, J. R. Plantas daninhas: ecologia, adaptabilidade e desafios no manejo. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 16, n. 2, p. 1-10, 2021.

KÄMPF, N.; CURI, N. Formação e conservação dos solos. In: ALLEONI, L. R. F. et al. (org.).

Manual de Fertilidade do Solo. 1. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2012. p. 1–27.