

Alan Mario Zuffo
Jorge González Aguilera
Bruno Rodrigues de Oliveira
Organizadores

Inovações em pesquisas agrárias e ambientais

Volume IX



2025

Alan Mario Zuffo
Jorge González Aguilera
Bruno Rodrigues de Oliveira
Organizadores

**Inovações em pesquisas agrárias e
ambientais**
Volume IX



Pantanal Editora

2025

Copyright© Pantanal Editora

Editor Chefe: Dr. Alan Mario Zuffo

Editores Executivos: Dr. Jorge González Aguilera e Dr. Bruno Rodrigues de Oliveira

Diagramação: A editora. **Diagramação e Arte:** A editora. **Imagens de capa e contracapa:** Canva.com. **Revisão:** O(s) autor(es), organizador(es) e a editora.

Conselho Editorial

Grau acadêmico e Nome

Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos
Profa. MSc. Adriana Flávia Neu
Profa. Dra. Albys Ferrer Dubois
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior
Profa. MSc. Aris Verdecia Peña
Profa. Arisleidis Chapman Verdecia
Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva
Prof. Dr. Bruno Gomes de Araújo
Prof. Dr. Caio Cesar Enside de Abreu
Prof. Dr. Carlos Nick
Prof. Dr. Claudio Silveira Maia
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos
Prof. Dr. Cristiano Pereira da Silva
Profa. Ma. Dayse Rodrigues dos Santos
Prof. MSc. David Chacon Alvarez
Prof. Dr. Denis Silva Nogueira
Profa. Dra. Denise Silva Nogueira
Profa. Dra. Dennyura Oliveira Galvão
Prof. Dr. Elias Rocha Gonçalves
Prof. Me. Ernane Rosa Martins
Prof. Dr. Fábio Steiner
Prof. Dr. Fabiano dos Santos Souza
Prof. Dr. Gabriel Andres Tafur Gomez
Prof. Dr. Hebert Hernán Soto Gonzáles
Prof. Dr. Hudson do Vale de Oliveira
Prof. MSc. Javier Revilla Armesto
Prof. MSc. João Camilo Sevilla
Prof. Dr. José Luis Soto Gonzales
Prof. Dr. Julio Cezar Uzinski
Prof. MSc. Lucas R. Oliveira
Prof. Dr. Luciano Façanha Marques
Profa. Dra. Keyla Christina Almeida Portela
Prof. Dr. Leandris Argentele-Martínez
Profa. MSc. Lidiene Jaqueline de Souza Costa Marchesan
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann
Prof. MSc. Marcos Pisarski Júnior
Prof. Dr. Marcos Pereira dos Santos
Prof. Dr. Mario Rodrigo Esparza Mantilla
Profa. MSc. Mary Jose Almeida Pereira
Profa. MSc. Núbia Flávia Oliveira Mendes
Profa. MSc. Nila Luciana Vilhena Madureira
Profa. Dra. Patrícia Maurer
Profa. Dra. Queila Pahim da Silva
Prof. Dr. Rafael Chapman Auty
Prof. Dr. Rafael Felipe Ratke
Prof. Dr. Raphael Reis da Silva
Prof. Dr. Renato Jaqueto Goes
Prof. Dr. Ricardo Alves de Araújo (*In Memoriam*)
Profa. Dra. Sylvana Karla da Silva de Lemos Santos
Prof. Dr. Tayronne de Almeida Rodrigues
Prof. Dr. Ugur Azizoglu
Prof. Dr. Wéverson Lima Fonseca
Prof. MSc. Wesclen Vilar Nogueira
Profa. Dra. Yilan Fung Boix
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme

Instituição

OAB/PB
Mun. Faxinal Soturno e Tupanciretã
UO (Cuba)
IF SUDESTE MG
Facultad de Medicina (Cuba)
ISCM (Cuba)
UFESSPA
UEA
UNEMAT
UFV
AJES
UFGD
UEMS
IFPA
UNICENTRO
IFMT
UFMG
URCA
ISEPAM-FAETEC
IFG
UEMS
UFF
(Colômbia)
UNAM (Peru)
IFRR
UCG (México)
Rede Municipal de Niterói (RJ)
UNMSM (Peru)
UFMT
SED Mato Grosso do Sul
UEMA
IFPR
Tec-NM (México)
Consultório em Santa Maria
UFJF
UEG
FAQ
UNAM (Peru)
SEDUC/PA
IFB
IFPA
UNIPAMPA
IFB
UO (Cuba)
UFMS
UFPI
UFG
UEMA
IFB
Sec. Mun. de Educação, Cultura e Tecnologia de Araripe
Universidade Kayseri, Türkiye
UFPI
FURG
UO (Cuba)
UFT

Conselho Técnico Científico
- Esp. Joacir Mário Zuffo Júnior
- Esp. Maurício Amormino Júnior
- Lda. Rosalina Eufrausino Lustosa Zuffo

Ficha Catalográfica

Catalogação na publicação
Elaborada por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

158

Inovações em pesquisas agrárias e ambientais - Volume IX / Organização de Alan Mario Zuffo, Jorge González Aguilera, Bruno Rodrigues de Oliveira. – Nova Xavantina-MT: Pantanal, 2025.
118p. ; il.

Livro em PDF

ISBN 978-65-85756-69-3

DOI <https://doi.org/10.46420/9786585756693>

1. Pesquisa agrícola. 2. Sustentabilidade. I. Zuffo, Alan Mario (Organizador). II. Aguilera, Jorge González (Organizador). III. Oliveira, Bruno Rodrigues de (Organizador). IV. Título.

CDD 630.72

Índice para catálogo sistemático

I. Pesquisa agrícola



Nossos e-books são de acesso público e gratuito e seu download e compartilhamento são permitidos, mas solicitamos que sejam dados os devidos créditos à Pantanal Editora e também aos organizadores e autores. Entretanto, não é permitida a utilização dos e-books para fins comerciais, exceto com autorização expressa dos autores com a concordância da Pantanal Editora.

Pantanal Editora

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000.
Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil.
Telefone (66) 99682-4165 (Whatsapp).
<https://www.editorapantanal.com.br>
contato@editorapantanal.com.br

Apresentação

O volume IX do e-book Inovações em Pesquisas Agrárias e Ambientais reúne contribuições científicas que dialogam com alguns dos principais desafios contemporâneos enfrentados pelos setores agrícola, ambiental e socioeconômico no Brasil. Em um cenário marcado pela intensificação dos impactos climáticos, pela crescente demanda por sistemas produtivos sustentáveis e pela necessidade de aprimorar políticas públicas e modelos de gestão territorial, este volume apresenta estudos que ampliam o entendimento técnico-científico e oferecem caminhos inovadores para a prática profissional e para a formulação de soluções integradas.

Os assuntos contemplados são: sistemas agroflorestais como ferramenta de restauração em áreas impactadas por rompimento de barragem de mineração; avaliação dos índices vegetativos por sensoriamento remoto em perímetros irrigados; outorgas de direito de uso de recursos hídricos para pecuária; zoneamento de áreas para restauração ecológica visando metas climáticas; educação profissional na rede estadual paulista: expansão, desafios e o papel do itinerário técnico em agronegócio; mecanismos, estratégias e perspectivas sustentáveis para biorremediação e recuperação de elementos das terras raras; dinâmica toxicológica e repercussões clínico-produtivas nas intoxicações por plantas em bovinos de corte.

Assim, este volume consolida-se como uma coletânea multidisciplinar que integra ciência, tecnologia, educação e sustentabilidade, oferecendo ao leitor uma visão atualizada e robusta sobre temas essenciais para o desenvolvimento agrário e ambiental no Brasil. Espera-se que os capítulos aqui reunidos inspirem novas reflexões, fomentem pesquisas futuras e contribuam para práticas mais sustentáveis, resilientes e integradas nos diversos territórios brasileiros.

Boa leitura!

Os organizadores

Sumário

Apresentação	4
Capítulo 1	6
Sistemas Agroflorestais como ferramenta de restauração em áreas impactadas por rompimento de barragem de mineração	6
Capítulo 2	22
Avaliação dos índices vegetativos por sensoriamento remoto em perímetros irrigados no município de Juazeiro-BA	22
Capítulo 3	40
Outorgas de direito de uso de recursos hídricos para pecuária na Macrorregião Nordeste Matogrossense	40
Capítulo 4	50
Zoneamento de áreas para restauração ecológica visando metas climáticas	50
Capítulo 5	63
Educação profissional na rede estadual paulista: expansão, desafios e o papel do itinerário técnico em agronegócio	63
Capítulo 6	71
Mecanismos, Estratégias e Perspectivas Sustentáveis para Biorremediação e Recuperação de Elementos das Terras Raras: Uma Revisão	71
Capítulo 7	92
Dinâmica toxicológica e repercussões clínico-produtivas nas intoxicações por plantas em bovinos de corte	92
Capítulo 8	102
Educação ambiental na escola: ações com discentes do ensino fundamental para conservação de uma área costeira no município de Tutóia-MA	102
Índice Remissivo	115
Sobre os organizadores	116

Zoneamento de áreas para restauração ecológica visando metas climáticas

Recebido em: 21/11/2025

Aceito em: 01/12/2025

 10.46420/9786585756693cap4

Walysson Pereira Delfino 

Railma Aparecida Santos 

Vicente Toledo Machado de Moraes Junior 

Danielle Piuzana Mucida 

Luciano Cavalcante de Jesus França 

INTRODUÇÃO

A restauração da vegetação nativa é essencial para mitigar os efeitos das mudanças climáticas, melhorar a qualidade do solo e da água, aumentar a biodiversidade e contribuir para o sequestro de carbono. O Brasil assumiu, a partir da COP-21 (UNFCCC, 2015), e reafirmou nas conferências posteriores, o compromisso de restaurar 12 milhões de hectares até 2030 (MMAMC, 2017). O estado de Minas Gerais também estabeleceu a meta de recuperar 3,7 milhões de hectares de áreas rurais no mesmo período (Santos et al., 2024), consolidando-se como um dos protagonistas nacionais em políticas de recomposição florestal.

Apesar da relevância estratégica de Minas Gerais para o cumprimento das metas nacionais de restauração, os estudos disponíveis sobre priorização espacial em escala municipal ainda são insuficientes, especialmente na região do Triângulo Mineiro. A maioria das iniciativas de zoneamento concentra-se em bacias hidrográficas ou em unidades de conservação, como exemplo: estudos em áreas de Mata Atlântica ou no Quadrilátero Ferrífero (Aguiar et al., 2025; Niemeyer et al. 2020), deixando lacunas importantes em municípios com intensa atividade agrícola (Mucida et al., 2023) e elevado passivo ambiental. Essa carência metodológica dificulta a aplicação efetiva de recursos públicos e privados, comprometendo a eficiência das ações de recuperação (Chazdon et al., 2021; Petti; Otaviano, 2024)

O zoneamento para a restauração florestal consiste em um processo técnico-científico que delimita espacialmente áreas prioritárias com base em múltiplos critérios ambientais, fundiários e socioeconômicos, visando maximizar os benefícios ecológicos e a viabilidade da intervenção (Cartolano et al., 2022; Pedrollo et al., 2024). Exemplos consolidados incluem o Zoneamento Ecológico-Econômico da Amazônia Legal, que identifica zonas de conservação e recuperação em função da aptidão do território; o Placar da Restauração (WRI Brasil), que mapeia oportunidades em escala de paisagem; e iniciativas estaduais como o Plano de Recuperação da Vegetação Nativa de São Paulo (PRVC-SP), que utilizam análise multicritério para hierarquizar municípios e propriedades segundo potencial de conectividade (Garcia-Feced et al., 2011), risco hídrico e déficit de área protegida (Niemeyer et al., 2020).

Esses instrumentos demonstram que a priorização espacial permite direcionar recursos de forma estratégica, reduzir custos de restauração e potencializar ganhos em serviços ecossistêmicos (Comin et al., 2018).

Para que esse esforço seja efetivo, a identificação de áreas prioritárias é uma etapa fundamental, pois orienta ações de restauração e fundamenta o planejamento ambiental em diferentes escalas. No contexto do Cerrado mineiro, Monte Carmelo destaca-se como um território marcado pela pressão agropecuária e pela redução contínua de seus remanescentes naturais. Santos et al. (2024) constataram que 14.242 hectares se encontram em sobreposição nos cadastros do CAR, o equivalente a 10,76% da área municipal, evidenciando conflitos de uso e a urgência na definição de zonas prioritárias.

O objetivo deste estudo foi identificar áreas prioritárias para restauração florestal no município, utilizando como vetores ambientais de degradação: (i) uso e cobertura da terra, (ii) vulnerabilidade à erosão, (iii) tipos de solo, (iv) declividade e (v) conflitos de uso em Áreas de Preservação Permanente (APPs) e Reservas Legais (RLs).

MATERIAL E MÉTODOS

Obtenção de Dados

O trabalho foi desenvolvido no município de Monte Carmelo, localizado na mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, em Minas Gerais. O município possui área total de aproximadamente 1.343,035 km², inserida majoritariamente no bioma Cerrado (conforme figura 1), composto por formações savânicas e florestais, e apresenta relevância ecológica e socioeconômica regional (Castro, 2023).

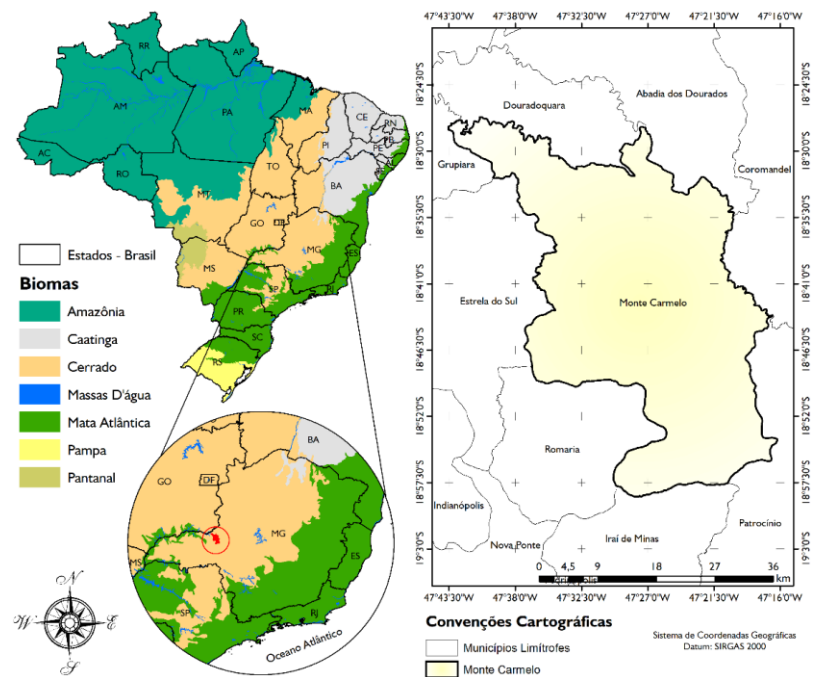


Figura 1. Localização geográfica do município de Monte Carmelo (MG) no contexto dos biomas brasileiros e dos municípios limítrofes. Fonte: os autores.

Os vetores utilizados foram obtidos em duas principais fontes: o MapBiomas e a plataforma IDE-Sisema, com apoio da interface do *Google Earth Engine* (GEE) para acesso e processamento preliminar dos dados *raster*. Em seguida, as análises espaciais e a aplicação do modelo multicritério foram realizadas no *ArGIS* 10.8 (Esri, 2020), que possibilitou a sobreposição, reclassificação das camadas, cálculo de áreas e produção cartográfica final. Todos os dados foram projetados no sistema SIRGAS 2000 / UTM zona 23S, garantindo compatibilidade e precisão espacial.

Processamento Geoespacial

Os intervalos de classificação da suscetibilidade à degradação foram definidos conforme as particularidades ambientais do município, respeitando a flexibilidade metodológica das bases utilizadas. Para a atribuição dos pesos, adotou-se uma escala de 1 a 5, apoiada em estudos que empregam metodologias similares de avaliação ambiental integrada (Almeida et al., 2020; Cartolano et al., 2022; França et al., 2019; Plano Diretor Florestal, 2012; Mello et al., 2016). Essa escala permitiu hierarquizar os subcritérios de acordo com sua influência sobre a degradação da vegetação nativa.

A Tabela 1 apresenta as classes de prioridade definidas, seus respectivos pesos e a descrição técnica, servindo como base para a justificativa dos pesos adotados na modelagem multicritério. Essas classes nortearam a classificação temática das camadas *raster* e a representação espacial das zonas de atenção prioritária.

Tabela 1. Classes de prioridade e seus respectivos pesos e descrições. Fonte: os autores.

Pesos	Classes	Descrição Técnica	Justificativa e Exemplos
1	Muito Baixa	Áreas com mínima prioridade de restauração; zonas menos preocupantes e pouco urgentes.	Baixa pressão antrópica; fragmentos conservados; pouca urgência de intervenção.
2	Baixa	Áreas de baixa prioridade que ainda requerem medidas de conservação para manter estabilidade ecodinâmica.	Pastagens pouco degradadas; solos moderadamente estáveis; risco baixo de erosão.
3	Média	Áreas com alerta para risco de degradação; zonas que já devem ser consideradas em projetos de restauração.	Pastagens degradadas, bordas de fragmentos, solos arenosos com maior suscetibilidade.
4	Alta	Áreas críticas com elevada suscetibilidade à degradação, demandando ações de contenção e recuperação.	Encostas íngremes, solos frágeis, risco acentuado de erosão e perda de função ecológica.
5	Extremamente Alta	Áreas muito sensíveis e prioritárias nas estratégias de restauração.	APPs, veredas, nascentes, margens de cursos d'água e RLs com uso conflitante.

Modelagem Multicritério

Para identificar áreas prioritárias para restauração florestal, adotou-se a metodologia de Análise de Decisão Multicritério (ADMC), fundamentada na integração de diferentes camadas temáticas de dados geográficos. Essa abordagem permite ponderar múltiplos critérios ambientais e gerar um modelo espacial representativo das zonas mais suscetíveis à degradação da vegetação nativa. Para isso, aplicou-se a ferramenta *Raster Calculator* no *ArGIS*, integrando todas as variáveis reclassificadas em uma superfície contínua de prioridade. Cada critério foi padronizado em escala comum (1 a 5), a síntese dessa lógica de pesos pode ser consultada na Tabela 1, permitindo a aplicação direta do modelo aditivo simples, representado na Equação 1:

$$PR_{rest} = \frac{[(U.C.T)+(V.E)+(T.S)+(D)+(APPs \text{ e } RLs)]}{5} \quad (\text{Eq.1})$$

Em que: PR_{rest} = Prioridade a Restauração; $U.C.T$ = Uso e Cobertura da Terra; $V.E$ = Vulnerabilidade a Erosão; $T.S$ = Tipos de Solo; D = Declividade; $APP \text{ e } RLs$ = conflitos em APPs e RLs.

Esse modelo aditivo simples soma todas as camadas padronizadas e, em seguida, normaliza o resultado pela média dos critérios. A integração é necessária para padronizar variáveis com escalas e unidades diferentes, garantindo comparabilidade entre elas (Cartolano et al., 2022). A reclassificação permite transformar dados heterogêneos em uma mesma escala ordinal, reduz incertezas e facilita a hierarquização da suscetibilidade (França et al., 2019). Esse procedimento também evita que um único critério influencie excessivamente o resultado e assegura uma contribuição equilibrada de todas as variáveis no modelo multicritério, conforme recomendado em aplicações similares de ADMC (Almeida et al., 2020; Pedrollo et al., 2025).

A divisão pelo número de critérios ($n = 5$) resultou em um índice médio ponderado, no qual todos os vetores contribuíram proporcionalmente para o produto final. O modelo gerado representa uma superfície contínua de suscetibilidade e prioridade, permitindo identificar as zonas mais críticas para ações de restauração florestal no município.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise espacial integrada modelou os atributos geofísicos do ambiente e o uso atual da terra, identificando zonas críticas e conflitos com a legislação ambiental brasileira (Figura 2). Essa abordagem é consistente com estudos realizados em outras áreas do Cerrado que também utilizam ADMC e geoprocessamento para definir áreas prioritárias, como os trabalhos de Almeida et al. (2020), Cartolano et al. (2022) e Aguiar et al. (2025). Esses autores mostram que a combinação de dados de solo, declividade,

uso da terra e informações ambientais públicas é eficaz para subsidiar o planejamento territorial, o que reforça a validade do método aplicado em Monte Carmelo.

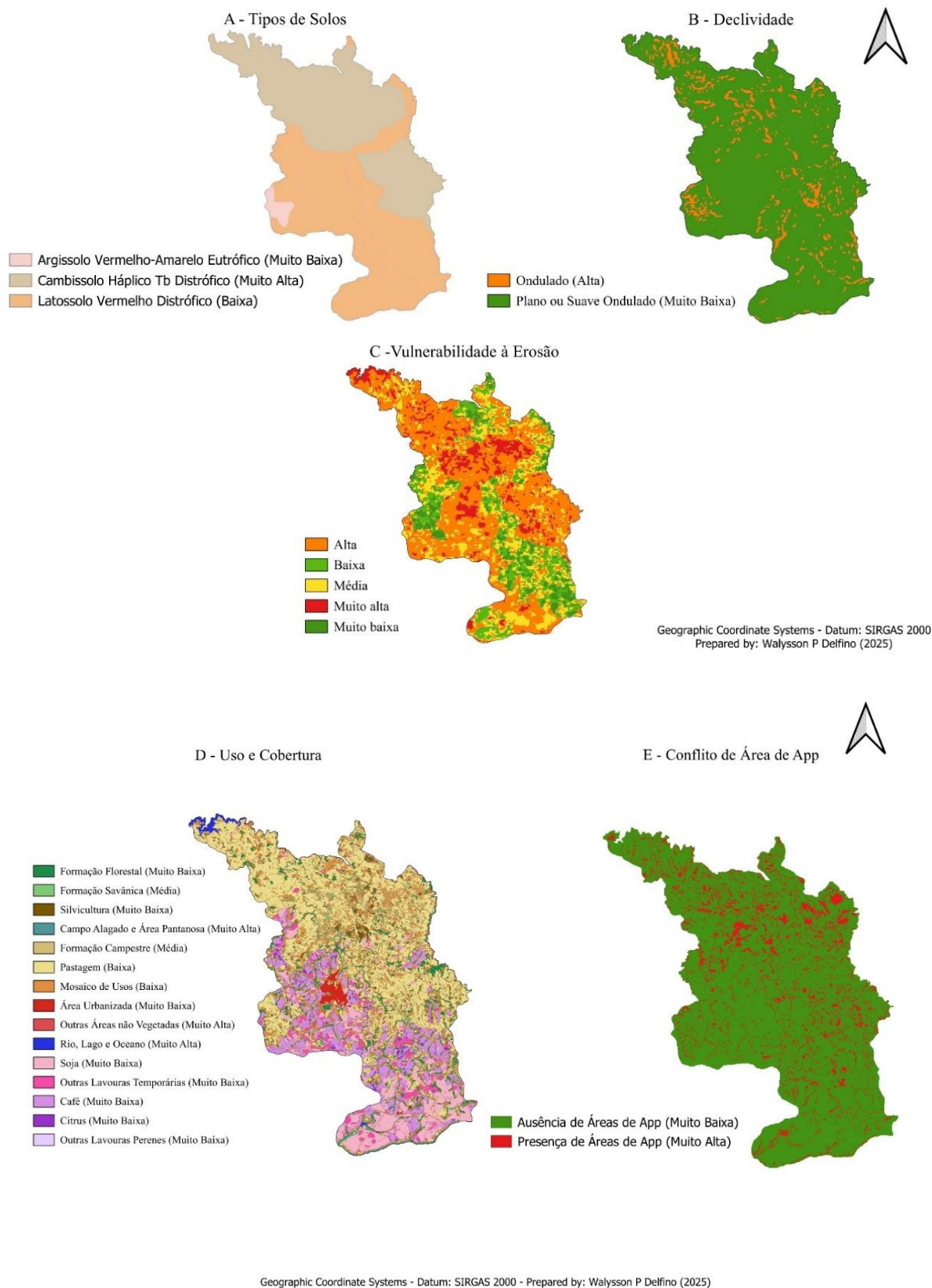


Figura 2. Camadas dos critérios utilizados para a avaliação da suscetibilidade à degradação florestal de Monte Carmelo (MG). Fonte: IBGE (2022); IDE-SISEMA (2024); Projeto MapBiomias (2024).

Os tipos de solo (Figura 2A) mostram a predominância de Latossolos Vermelhos-Amarelos distróficos (baixa prioridade), além da presença significativa de Cambissolos Háplicos (alta prioridade) e Argissolos Vermelho-Amarelos eutróficos (muito baixa prioridade). Embora Latossolos geralmente apresentem boa drenagem e estabilidade estrutural, sua suscetibilidade à erosão aumenta em terrenos com declividade, especialmente sob uso agrícola intensivo (Silva et al., 2005). Os Cambissolos, por sua vez, são solos mais rasos e menos desenvolvidos, o que os torna particularmente frágeis em termos de conservação do solo (Santos et al., 2015).

A declividade (Figura 2B) evidencia um relevo predominantemente plano a suavemente ondulado, mas com trechos localizados de alta declividade. Essa condição, quando combinada a solos mais frágeis e à remoção da cobertura vegetal, aumenta a vulnerabilidade à erosão hídrica (Silva et al., 2005). Esse processo é confirmado no mapa de vulnerabilidade (Figura 2C). As classes “alta” e “muito alta” concentram-se em áreas com maior inclinação e solos menos coesos, corroborando o papel do relevo e do tipo de solo na suscetibilidade à perda de solo (Melo et al., 2023). Padrões semelhantes são descritos em estudos de bacias no Cerrado, onde a interação entre declividade acentuada e uso agrícola intensivo é um dos principais vetores de degradação ambiental (Alves et al., 2023; Mello et al., 2016).

O uso da terra (Figura 2D) revela predominância de pastagens e lavouras temporárias, como soja, milho e algodão, além de áreas cultivadas com cana-de-açúcar e café. Esses usos ocupam a maior parte do território. A vegetação nativa, formada por remanescentes florestais e savânicos, aparece apenas em pequenas parcelas, concentradas principalmente no norte do município. Esse padrão indica forte pressão antrópica, frequentemente associada à degradação do solo e ao aumento de processos erosivos (Chazdon et al., 2021). Estudos mostram que o uso agrícola intensivo, quando não acompanhado de práticas conservacionistas, intensifica a perda de solo e reduz a capacidade produtiva ao longo do tempo (Alves et al., 2023). Essa condição reforça a importância de estratégias de restauração integradas ao planejamento territorial, conforme discutido por Comín et al. (2018) em análises de priorização ambiental.

A Figura 2E mostra os conflitos em APPs. Esse vetor é fundamental para a análise, pois o Código Florestal estabelece que as APPs têm funções essenciais de proteção da biodiversidade, dos recursos hídricos e do fluxo gênico da fauna (Brasil, 2012, art. 3º). A restauração nessas áreas deve, portanto, considerar indicadores ligados à conservação da biodiversidade, especialmente em zonas ripárias, nascentes e veredas (Silva; Nunes, 2017). Estudos no Cerrado indicam que APPs e Reservas Legais com uso conflitante representam os principais pontos de partida para ações de recomposição florestal, tanto pela sua relevância ecológica quanto pela vinculação direta a dispositivos legais de regularização ambiental (Morais Junior et al., 2024; Aguiar et al., 2025; Niemeyer et al., 2020).

Na Tabela 2 e na Figura 3, são apresentadas as áreas calculadas por classe e o mapa final de áreas prioritárias para restauração, respectivamente.

Tabela 2. Áreas por classe de prioridade para restauração florestal em Monte Carmelo (MG). Fonte: os autores.

Classe de Prioridade	Área Aproximada (ha)	% aproximada de área
Muito Baixa	26.886,0	20%
Baixa	47.051,0	35%
Média	33.608,0	25%
Alta	16.132,0	12%
Muito Alta	10.745,0	8%
Total	134.432,0	100%

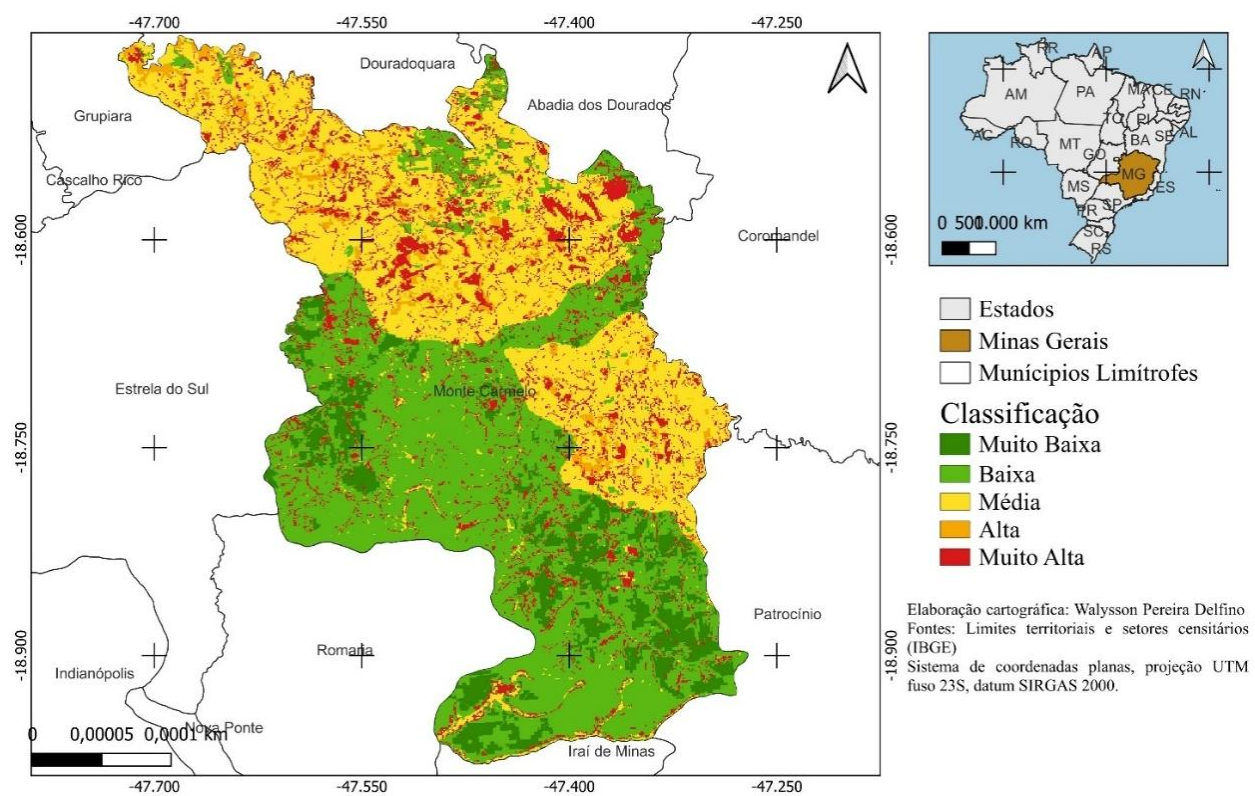


Figura 3. Mapa de Classes de Prioridade para Restauração Florestal no Município de Monte Carmelo (MG). Fonte: IBGE (2022); IDE-SISEMA (2024); MAPBIOMAS (2024).

Observa-se que 20% do território de Monte Carmelo apresenta classes de Alta e Muito Alta prioridade. Somadas às áreas de prioridade Média, esse total chega a 45% do município, o que indica uma proporção significativa de áreas que demandam atenção em projetos de restauração (Figura 3). Nas regiões sul e sudoeste predominam áreas classificadas como muito baixa e baixa prioridade, um padrão associado à presença de atividades agrícolas consolidadas e menor fragilidade ambiental, conforme

também observado em análises regionais de uso da terra no Cerrado (Almeida et al., 2020). Já nas porções centro-norte e nordeste há maior concentração de áreas classificadas como vermelhas, laranjas e amarelas, indicando zonas críticas para intervenções de restauração. Esse cenário reflete a combinação entre solos mais frágeis, maior declividade, expansão agropecuária e conflitos no uso da terra em APPs e RLs, fatores amplamente reconhecidos como vetores de degradação ambiental na literatura (Cartolano et al., 2022; Mello et al., 2016; Moraes Junior et al., 2024).

Esses resultados mostram que, embora a maior parte do território apresente baixa prioridade para restauração, existem mosaicos formados por diferentes níveis de prioridade em áreas vizinhas. Essa heterogeneidade espacial indica a necessidade de um planejamento que considere não apenas a classe isolada, mas também a configuração da paisagem e a conectividade entre fragmentos. Estudos de ADMC em outros municípios do Cerrado apontam que áreas de prioridade média e alta, quando conectadas de forma estratégica, tendem a ampliar os ganhos ecológicos da restauração, favorecendo a formação de corredores ecológicos e a proteção de nascentes e cursos d'água (García-Feced et al., 2011; Comín et al., 2018; Niemeyer et al., 2020).

Do ponto de vista metodológico, o zoneamento produzido pela ADMC reforça o potencial dessa abordagem para orientar estratégias de restauração no Cerrado. A integração de múltiplos critérios em uma superfície contínua permite identificar gradientes de suscetibilidade à degradação e construir cenários de intervenção mais realistas (França et al., 2019). Essa estrutura facilita o planejamento ambiental em escala local e cria uma base objetiva para a priorização de áreas, especialmente em territórios com forte pressão agropecuária.

Apesar dos avanços, é necessário reconhecer as limitações dos dados e as incertezas associadas ao modelo. Bases como o MapBiomas e o IDE-Sisema, embora amplamente utilizadas, apresentam erros de classificação e generalizações cartográficas que podem comprometer a precisão das áreas delimitadas (Projeto MapBiomas, 2024; SISEMA, 2024). Essas bases também possuem resolução espacial limitada, o que afeta a representação detalhada da paisagem. Além disso, a dinâmica anual do uso da terra, marcada por rápidas mudanças na agricultura e na cobertura vegetal, introduz incertezas adicionais em análises baseadas em recortes temporais específicos (Gorelick et al., 2017; Pedrollo et al., 2025).

O método utilizado também apresenta limitações inerentes à própria ADMC. A técnica depende da padronização e da reclassificação das variáveis, o que pode simplificar excessivamente a heterogeneidade ambiental, especialmente em solos diversos ou áreas com manejo diferenciado (França et al., 2019). As lacunas e inconsistências em cadastros ambientais, como o CAR, podem subestimar ou superestimar conflitos em APPs e RLs, conforme apontado por Moraes Junior et al. (2024). Ademais, a capacidade da ADMC de integrar múltiplos critérios não elimina incertezas relacionadas ao peso atribuído a cada variável, etapa sensível que pode influenciar o resultado final (Cartolano et al., 2022). Apesar dessas

limitações, o modelo fornece um quadro sintético robusto que pode ser aprimorado com diagnósticos locais e vistorias de campo, sobretudo nas áreas classificadas como Alta e Muito Alta prioridade.

Em termos aplicados, os resultados indicam que as áreas a serem restauradas primeiro são aquelas classificadas como Muito Alta e Alta prioridade, sobretudo quando coincidem com APPs em uso conflitante, margens de cursos d'água, nascentes e veredas, como previsto no Código Florestal (Brasil, 2012). Em seguida, áreas de prioridade Média tornam-se estratégicas para ampliar a conectividade entre fragmentos e consolidar corredores ecológicos, uma recomendação também destacada por Niemeyer et al. (2020) e García-Feced et al. (2011). Do ponto de vista legal, essas ações podem ser articuladas com instrumentos já existentes, como os Programas de Regularização Ambiental (PRAs), a recomposição de Reservas Legais prevista na Lei 12.651/2012, iniciativas municipais de Pagamento por Serviços Ambientais e políticas locais de planejamento ambiental e florestal (Silva & Nunes, 2017; Morais Junior et al., 2024). Esses mecanismos fortalecem o alinhamento entre as prioridades identificadas e a implementação prática das ações de restauração.

A delimitação dessas áreas prioritárias subsidia políticas públicas e ações mais eficazes de restauração florestal. Também contribui para o cumprimento das metas assumidas pelo Brasil no Acordo de Paris (UNFCCC, 2015), ao favorecer o sequestro de carbono, a conservação da biodiversidade e a manutenção de serviços ecossistêmicos. Assim, a restauração ultrapassa os objetivos legais estabelecidos pelo Código Florestal (Brasil, 2012) e passa a desempenhar papel central na mitigação das mudanças climáticas e na sustentabilidade do uso do solo (Chazdon et al., 2021).

A abordagem baseada em ADMC também se destaca pela capacidade de replicação em outros municípios do Cerrado, permitindo que diferentes territórios adotem a mesma lógica para identificar áreas prioritárias de restauração. Essa adaptabilidade já foi observada em estudos aplicados a diferentes escalas e regiões (Niemeyer et al., 2020; Cartolano et al., 2022). Quando associada a processos participativos e à atualização contínua das bases de dados, a metodologia fortalece o planejamento ambiental em escala regional e amplia o potencial de implementação de políticas de restauração.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo representa um esforço inédito para o município de Monte Carmelo, ao integrar e cruzar diferentes bases públicas em um modelo espacial único de priorização para restauração florestal. Essa abordagem permitiu revelar a variação espacial da suscetibilidade à degradação ambiental, expressa em mosaicos de áreas com níveis distintos de prioridade. A aplicação da ADMC possibilitou identificar zonas que demandam ações imediatas, especialmente aquelas associadas à maior declividade, solos mais frágeis e conflitos no uso da terra em Áreas de Preservação Permanente e Reservas Legais.

Os resultados reforçam o papel estratégico do zoneamento ambiental no planejamento territorial do cerrado, orientando políticas públicas, programas de regularização ambiental e iniciativas de

recomposição florestal. Ao direcionar esforços para as áreas mais críticas, aumentam-se as chances de recuperar funções ecológicas, fortalecer a conectividade entre fragmentos e avançar no cumprimento de metas climáticas e de conservação estabelecidas internacionalmente. Assim, a restauração torna-se um instrumento central para a gestão sustentável do território e para a mitigação dos impactos decorrentes do uso intensivo da terra.

Como perspectivas futuras, o modelo pode ser ampliado com variáveis relacionadas à biodiversidade, conectividade funcional, priorização econômica (custos de restauração, aptidão agrícola e viabilidade de manejo) e cenários climáticos. A inclusão desses elementos tende a aumentar a precisão da priorização e fortalecer o uso do zoneamento como ferramenta de tomada de decisão em diferentes escalas. Além disso, melhorias metodológicas (como maior resolução espacial, refinamento das bases de uso da terra e validação em campo) podem aperfeiçoar os resultados apresentados e apoiar novas aplicações em municípios vizinhos e em outras regiões do cerrado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguiar, T. R., Luz, L. D., Rangel Neto, R. S., Sousa, D. C., & Mariano-Neto, E. (2025). Methodologies and Criteria for Defining Areas for Forest Restoration Aiming at Water Production and Security. *Limnological Review*, 25(3). DOI: 10.3390/limnolrev25030037
- Almeida, F. C., Silveira, E. M. O., Acerbi Júnior, F. W., França, L. C. J., Bueno, I. T., & Terra, B. J. O. (2020). Análise multicritério na definição de áreas prioritárias para recuperação florestal na bacia do Rio Doce, em Minas Gerais. *Nativa*, 8(1), 81–90. DOI: 10.31413/nativa.v8i1.8130
- Alves, M. A. B., de Souza, A. P., de Almeida, F. T., Hoshida, A. K., Araújo, H. B., da Silva, A. F., & de Carvalho, D. F. (2023). Effects of land use and cropping on soil erosion in agricultural frontier areas in the Cerrado-Amazon ecotone, Brazil, using a rainfall simulator experiment. *Sustainability*, 15(6), 4954. DOI: 10.3390/su15064954
- Brasil (2012). Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. *Diário Oficial da União*. Recuperado em [12/11/2025], de https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm.
- Cartolano, R. T., de Jesus França, L. C., da Silva, L. D. C. M., Botelho, S. A., & Acerbi Júnior, F. W. (2022). *Definição de áreas prioritárias para restauração ecológica: análise de decisão multicritério como instrumento para o planejamento ambiental*. Nova Xavantina, MT: Editora Pantanal. DOI: 10.46420/9786581460600
- Castro, L. L. P. D. S. (2023). *Mapeamento da vegetação nativa do município de Monte Carmelo-MG* [Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo]. Uberlândia-MG: Universidade Federal de Uberlândia. 66 f. Recuperado em [12/11/2025], de

https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/38636/1/MapeamentoDaVegeta%C3%A7%C3%A3oNativa%20.pdf?utm_source.

- Chazdon, R L. et al. (2021). Key challenges for governing forest and landscape restoration across different contexts. *Land Use Policy*, v. 104, p. 104854, 2021. DOI: 10.1016/j.landusepol.2020.104854
- Comín, F. A., Miranda, B., Sorando, R., Felipe-Lucia, M. R., Jiménez, J. J., & Navarro, E. (2018). Prioritizing sites for ecological restoration based on ecosystem services. *Journal of Applied Ecology*, 55(3), 1155-1163. DOI: 10.1111/1365-2664.13061
- Esri. (2020). *ArcGIS Desktop: Release 10.8* [Software]. Environmental Systems Research Institute. <https://www.esri.com>.
- França, L. C. J., Mucida, D. P., Morais, M. S., Catuzzo, H., Abegão, J. L. R., & Pereira, I. M. (2019). Zoneamento da fragilidade ambiental de ecossistemas naturais e antropizados por meio de avaliação multicritério. *Nativa*, 7(5), 589–599. DOI: 10.31413/nativa.v7i5.7300
- García-Feced, C.; Saura, S.; Elena-Rosselló, R. (2011). Improving landscape connectivity in forest districts: A two-stage process for prioritizing agricultural patches for reforestation. *Forest ecology and management*, 261(1), 154-161. DOI: 10.1016/J.FORECO.2010.09.047
- Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., & Moore, R. (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*, 202, 18–27. DOI: 10.1016/j.rse.2017.06.031
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2022). *Malha de Setores Censitários* [Arquivo digital]. Recuperado em [12/11/2025], de <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/26565-malhas-de-setores-censitarios-divisoes-intramunicipais.html>.
- IDE-SISEMA- Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Minas Gerais (2024). *Uso e cobertura da terra*. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais.
- Mello, K., Toppa, R. H., & Cardoso-Leite, E. (2016). Priority areas for forest conservation in an urban landscape at the transition between Atlantic Forest and Cerrado. *Cernea*, 22(3), 277–288. DOI: 10.1590/01047760201622032172
- Melo, A. C. A., Bettiol, G. M., de Albuquerque, L. B., Magalhães, I., Sano, E. E. (2023). Susceptibilidade à erosão, perda de solos e vulnerabilidade natural na bacia do Médio Rio Araguaia-Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 16(6), 3103–3124. DOI: 10.13031/2013.31192
- MMAMC - Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (2017). *Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa (PLANAVEG)*. Brasília, DF: MMA. Recuperado em [12/11/2025], de https://www.gov.br/mma/pt-br/composicao/sbio/dflo/plano-nacional-de-recuperacao-da-vegetacao-nativa-planaveg/planaveg_plano_nacional_recuperacao_vegetacao_nativa.pdf.
- Morais Junior, V. T. M., de Jesus França, L. C., Brianezi, D., Romero, F. M. B., Milagre, J. C., Mendes, L. J., ... & Jacovine, L. A. G. (2024). Monitoring of areas in conflict with the legislation for the

- protection of native vegetation in Brazil: Opportunity for large-scale forest restoration and for the Brazilian global agenda. *Environmental Monitoring and Assessment*, 196(11), 1113. DOI: 10.1007/s10661-024-13295
- Mucida, D. P., Gorgens, E. B., Rech, A. R., Christofaro, C., da Silva, R. S., Pereira, I. M., ... & de Jesus França, L. C. (2023). Designing optimal agrosilvopastoral landscape by the potential for conservation use in Brazil. *Sustainable Horizons*, 5, 100045. DOI: 10.1016/j.horiz.2022.100045
- Niemeyer, J., Barros, F. S. M., Silva, D. V., Crouzeilles, R., & Vale, M. M. (2020). Planning forest restoration within private land holdings with conservation co-benefits at the landscape scale. *Science of The Total Environment*, 717, 135262. DOI: 10.1016/J.SCITOTENV.2019.135262
- Pedrollo, C. T., Pedercini, F., & Martins, M. (2025). Shuffling the deck: A gamified multicriteria approach to prioritize agroecological restoration areas in Northeastern Pará, Brazilian Amazon. *Journal of Environmental Management*, 380, 124988. DOI: 10.1016/j.jenvman.2025.124988
- Petti, B.; Ottaviano, M. (2024). Identification of agricultural areas to restore through Nature-based Solutions (NbS). *Land*, v. 13, n. 11, p. 1954,. DOI: 10.3390/land13111954
- Plano Diretor Florestal (2012). *Manual técnico para identificação de áreas prioritárias para recomposição florestal em escala local*. Agência das Bacias PCJ – Comitês PCJ. Recuperado em [12/11/2025], de <http://www.agencia.baciaspcj.org.br/docs/plano-diretor-florestal/manual-recomposicao-florestal.pdf>.
- Projeto MapBiomas (2024). *Coleção 10 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil (1985-2024)*. Recuperado em [12/11/2025], de <https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/>.
- Santos, P. G., Bertol, I., Miquelluti, D. J., Almeida, J. A., & Mafra, A. L. (2015). *Agrupamento de pedons de Cambissolos húmicos com base em atributos físicos e químicos utilizando a estatística multivariada*. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 39(2), 350-360. DOI: 10.1590/01000683rbcs20130415
- Santos, R. M., de Moraes Júnior, V. T. M., Amaral, E., Mucida, D. P., & de Jesus França, L. C. (2024). *Diagnóstico do conflito do uso e ocupação da terra em áreas protegidas por lei em imóveis rurais no município de Monte Carmelo-MG*. *Revista Espinhaço*, 13(1), 1-21. DOI: 10.5281/zenodo.14501236
- Silva, A. M. D., Silva, M. L. N., Curi, N., Lima, J. M. D., Avanzi, J. C., & Ferreira, M. M. (2005). Perdas de solo, água, nutrientes e carbono orgânico em Cambissolo e Latossolo sob chuva natural. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 40(12), 1223–1230. DOI: 10.1590/S1678-3921.pab2005.v40.7088
- Silva, D., & Nunes, S. (2017). *Restauração florestal: Avaliação e modelagem econômica da restauração florestal no Estado do Pará*. Belém, PA: Imazon. Recuperado em [12/11/2025], de https://www.researchgate.net/profile/Samia-Nunes/publication/317662100_Avaliacao_e_modelagem_economica_da_restauracao_florestal_no_estado_do_Para/links/5947c0520f7e9babcad9da23/Avaliacao-e-modelagem-economica-da-restauracao-florestal-no-estado-do-Para.pdf.

Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – MG (SISEMA). (2024). *Infraestrutura de Dados Espaciais – IDE-Sisema*. Recuperado em [12/11/2025], de <https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/>.

UNFCCC- United Nations Framework Convention on Climate Change (2015). *Adoption of the Paris Agreement*. Paris: United Nations Framework Convention on Climate Change. Recuperado em [12/11/2025], de <https://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/l09r01.pdf>.

Índice Remissivo

A

Agenda 2030, 106, 114
Algas, 79, 80

B

Bactérias, 77
Biossorção, 75, 87

C

captação superficial, 43, 46

D

dessedentação animal, 41, 42, 45, 46, 48
disponibilidade hídrica, 42, 46, 48

E

Educação Profissional, 65, 68, 69, 70, 71
Educação Profissional e Tecnológica, 69, 70, 71

F

Fitoextração, 84

G

gestão hídrica, 41, 42, 45, 46

M

Mata Atlântica, 6, 8

O

ODS 14, 106, 109, 114

R

recursos hídricos, 41, 42, 44, 47, 48

S

Sistemas Agroflorestais, 6, 7, 8, 12, 13, 15, 16, 17
Sistemas Agroflorestais (SAFs), 15, 16, 17
Sustentabilidade, 3, 106, 115

T

Terras raras, 4, 72, 74, 76, 77, 78, 79, 80, 83, 84, 91

Sobre os organizadores



  **Alan Mario Zuffo**

Engenheiro Agrônomo, graduado em Agronomia (2010) na Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT). Mestre (2013) em Agronomia - Fitotecnia (Produção Vegetal) na Universidade Federal do Piauí (UFPI). Doutor (2016) em Agronomia - Fitotecnia (Produção Vegetal) na Universidade Federal de Lavras (UFLA). Pós-Doutorado (2018) em Agronomia na Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS). Atualmente, possui 237 artigos publicados/aceitos em revistas nacionais e internacionais, 131 resumos simples/expandidos, 86 organizações de e-books, 53 capítulos de e-books. É editor chefe da Pantanal editora e da Revista Trends in Agricultural and Environmental Sciences, e revisor de 23 revistas nacionais e internacionais. Professor adjunto II na UEMA em Balsas. Contato: alan_zuffo@hotmail.com.



  **Jorge González Aguilera**

Engenheiro Agrônomo, graduado em Agronomia (1996) na Universidad de Granma (UG), Bayamo, Cuba. Especialista em Biotecnologia (2002) pela Universidad de Oriente (UO), Santiago de Cuba, Cuba. Mestre (2007) em Fitotecnia na Universidade Federal do Viçosa (UFV), Minas Gerais, Brasil. Doutor (2011) em Genética e Melhoramento de Plantas na Universidade Federal do Viçosa (UFV), Minas Gerais, Brasil. Pós - Doutorado (2016) em Genética e Melhoramento de Plantas na EMBRAPA Trigo, Rio Grande do Sul, Brasil. Professor Visitante (2018-2022) na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) no campus Chapadão do Sul (CPCS), MS, Brasil. Professor substituto (2023-Atual) na Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), Cassilândia, MS, Brasil. Atualmente, possui 184 artigos publicados/aceitos em revistas nacionais e internacionais, 29 resumos simples/expandidos, 69 organizações de e-books, 53 capítulos de e-books. É editor da Pantanal Editora, e da Revista Trends in Agricultural and Environmental Sciences, e revisor de 19 revistas nacionais e internacionais. Contato: j51173@yahoo.com



  **Bruno Rodrigues de Oliveira**

Graduado em Matemática pela UEMS/Cassilândia (2008). Mestrado (2015) e Doutorado (2020) em Engenharia Elétrica pela UNESP/Ilha Solteira. Pós-doutorado pela UFMS/Chapadão do Sul na área de Inteligência Artificial aplicada na Engenharia Florestar/Agronômica. É editor da Pantanal Editora e da Revista Trends in Agricultural and Environmental Sciences e Analista no Tribunal de Justiça de Mato Grosso do Sul. Tem experiência nos temas: Matemática, Processamento de Sinais via Transformada Wavelet, Análise Hierárquica de Processos, Teoria de Aprendizagem de Máquina e Inteligência Artificial, com ênfase em aplicações nas áreas de Engenharia Biomédica, Ciências Agrárias e Organizações Públicas. Contato: bruno@editorapantanal.com.br



9786585756693

O nono volume do e-book Inovações em Pesquisas Agrárias e Ambientais apresenta estudos científicos focados nos desafios atuais do Brasil, como as mudanças climáticas e a necessidade de sistemas produtivos sustentáveis.



Pantanal Editora

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000
Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil
Telefone (66) 9608-6133 (Whatsapp)
<https://www.editorapantanal.com.br>
contato@editorapantanal.com.br