

Universidade Estadual de Goiás
Câmpus Anápolis de Ciências Exatas e Tecnológicas -
Henrique Santillo
Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Recursos Naturais do Cerrado

POLLYANA KELLEN COSTA GOMES ROSA

**ESTRUTURA DA PAISAGEM DA ZONA DE
AMORTECIMENTO DAS UNIDADES DE CONSERVAÇÃO DE
PROTEÇÃO INTEGRAL DO CERRADO**

Anápolis
2025

POLLYANA KELLEN COSTA GOMES ROSA

**ESTRUTURA DA PAISAGEM DA ZONA DE
AMORTECIMENTO DAS UNIDADES DE CONSERVAÇÃO DE
PROTEÇÃO INTEGRAL DO CERRADO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Recursos Naturais do Cerrado, da Universidade Estadual de Goiás para obtenção do título de Mestre em Recursos Naturais do Cerrado.

Orientador: Prof. Dr. Patrick Thomaz de Aquino Martins

Anápolis
2025

Ficha Catalográfica

ROSA, Pollyana Kellen Costa Gomes.

Estrutura da paisagem da Zona de Amortecimento
das Unidades de Conservação de Proteção Integral do Cerrado
/ Pollyana Kellen Costa Gomes Rosa. – 2025.

42 f.: figs, quad.

Orientador: Prof. Dr. Patrick Thomaz de Aquino Martins.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de
Goiás, Câmpus de Ciências Exatas e Tecnológicas, 2025.
Bibliografia.



ESTADO DE GOIÁS
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIÁS - UEG
COORDENAÇÃO STRICTO SENSU - RECURSOS NATURAIS DO CERRADO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM RECURSOS NATURAIS DO CERRADO - RENAC

ATA DE DEFESA PÚBLICA DE MESTRADO Nº 17/2025

Aos dezessete de setembro de dois mil e vinte e cinco a partir das quatorze horas, de forma remota, foi realizada a sessão de Banca de Defesa de Mestrado da discente **POLLYANA KELLEN COSTA GOMES ROSA**, que apresentou o trabalho intitulado **“ESTRUTURA DA PAISAGEM DA ZONA DE AMORTECIMENTO DAS UNIDADES DE CONSERVAÇÃO DE PROTEÇÃO INTEGRAL DO CERRADO”**. A Banca Examinadora foi composta pelos seguintes Professores: Dr. Patrick Thomaz de Aquino Martins (Orientador - presidente da banca), Dra. Karine Borges Machado (Examinadora Interna), Dr. José Carlos de Souza (Examinador Externo - UEG). Após a apresentação da discente, os examinadores a arguíram, tendo a discente respondido às perguntas formuladas. Terminada a arguição, a Banca Examinadora reuniu-se emitindo os seguintes pareceres:

Membros da Banca	Parecer (Aprovado/Reprovado)
Dr. Patrick Thomaz de Aquino Martins	APROVADA
Dra. Karine Borges Machado	APROVADA
Dr. José Carlos de Souza	APROVADA

O Prof. Dr. Patrick Thomaz de Aquino Martins, presidente da Banca Examinadora, deu por encerrada a sessão e, para constar, lavrou a presente Ata.



Documento assinado eletronicamente por **PATRICK THOMAZ DE AQUINO MARTINS, Docente de Ensino Superior**, em 17/09/2025, às 15:33, conforme art. 2º, § 2º, III, "b", da Lei 17.039/2010 e art. 3ºB, I, do Decreto nº 8.808/2016.



Documento assinado eletronicamente por **José Carlos de Souza, Usuário Externo**, em 17/09/2025, às 18:33, conforme art. 2º, § 2º, III, "b", da Lei 17.039/2010 e art. 3ºB, I, do Decreto nº 8.808/2016.



Documento assinado eletronicamente por **KARINE BORGES MACHADO, Docente de Ensino Superior**, em 18/09/2025, às 11:09, conforme art. 2º, § 2º, III, "b", da Lei 17.039/2010 e art. 3ºB, I, do Decreto nº 8.808/2016.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site **http://sei.go.gov.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=1** informando o código verificador **79443974** e o código CRC **A29F5DB5**.

COORDENAÇÃO STRICTO SENSU - RECURSOS NATURAIS DO CERRADO
RODOVIA BR 153 S/N Qd.ÁREA Lt., KM 99 - Bairro ZONA RURAL - ANAPOLIS - GO
- CEP 75132-903 - (62)3328-1151.



Referência: Processo nº 202500020002985



SEI 79443974

Dedicatória

Dedico este trabalho ao meu esposo, Marcos, cujo apoio incondicional foi meu alicerce durante essa jornada, e ao meu filho, Miguel, que tanto amo e que me inspirou a concluir esse trabalho.

Aos meus pais, Pedro e Alba, que lutaram com tanto amor para me oferecer a melhor educação, ensinando-me que o conhecimento é um tesouro eterno — algo que ninguém pode nos tirar. São exemplos de honestidade, humildade e perseverança.

E à minha irmã, companheira de vida e inspiração constante.

São a luz que me guia, inspirando-me a ser, a cada dia, uma pessoa melhor e mais humana.

Agradecimentos

Em primeiro lugar, a Deus, pela inspiração, força e sabedoria para concluir mais esta etapa da minha vida. Sou imensamente grata pela graça de ter encontrado pessoas abençoadas em meu caminho, que me auxiliaram, apoiaram e, de alguma forma, contribuíram para que eu chegasse até aqui.

Aos meus pais, Pedro e Alba, os grandes responsáveis pela pessoa que me tornei. Exemplo de determinação e sabedoria, nunca mediram esforços para me proporcionar a melhor educação. Os valores que me ensinaram fizeram de mim uma pessoa digna, com senso de responsabilidade para com o próximo e a certeza de que o conhecimento é uma ferramenta essencial para transformar vidas.

Ao meu esposo, Marcos, à minha irmã, Raphaela, e mais uma vez, aos meus queridos pais, que me incentivaram incansavelmente nesta jornada do mestrado. Nos momentos de dúvida e dificuldade, foram meu porto seguro, me fortalecendo, compartilhando comigo cada desafio e conquista.

Ao meu orientador, Patrick, pela dedicação, profissionalismo e orientação valiosa ao longo deste trabalho. Expresso a minha sincera gratidão pela oportunidade, pelos ensinamentos, paciência e por sua contribuição para este trabalho.

Aos docentes com quem tive a honra de aprender, exemplos de excelência, humanidade e comprometimento com o ensino e a pesquisa. À coordenação do curso e aos servidores administrativos do RENAC, pelo apoio eficiente e indispensável. Sou grata pela oportunidade de fazer parte deste programa.

A Universidade Estadual de Goiás, por ter me acolhido e educado tanto nas minhas graduações quanto me proporcionado mais esta etapa tão importante na minha vida. Me moldando o meu profissional e o meu conhecimento, me fazendo uma pessoa melhor. Pela estrutura e recursos oferecidos. Agradeço profundamente pelo suporte que tive para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus amigos e familiares, que me compreenderam nos momentos de ausência, incentivaram-me incessantemente e celebraram cada passo desta caminhada.

Por fim, a todos que aguardaram este momento com tanto carinho e alegria – o meu sincero obrigada.

Epígrafe

"O Senhor é o meu Pastor, nada me faltará. Em verdes prados ele me faz repousar. Conduz-me junto às águas refrescantes, restaura as forças de minha alma. Pelos caminhos retos ele me leva, por amor do seu nome." (SALMO 22, 1-3)

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquema conceitual sobre fragmentação da paisagem.	16
Figura 2. Processo de identificação das ZA das UCPI selecionadas e do uso e cobertura da terra utilizando o QGIS para aplicação das métricas da paisagem de 2023.	21
Figura 3. As Unidades de Conservação de Proteção Integral selecionadas com suas respectivas Zona de Amortecimento e os pontos aleatórios no interior do Cerrado.	28
Figura 4. As ZA das UCPI com os maiores e menores valores obtido das métricas resultantes.	30
Figura 5. Representação gráfica das distribuições dos valores obtidos das métricas da paisagem com base nos dados de 2023 no Cerrado. A = porcentagem da classe da paisagem (PLAND), B = densidade de borda (ED), C = Tamanho efetivo da malha (MESH).	31

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Dados das UCPI selecionadas.	27
---	-----------

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Resultado das métricas das amostras das ZA das UCPI.....	29
Tabela 2. Estatística descritiva dos dados.	33
Tabela 3. Resultado dos testes estatísticos.	34

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CNUC	Cadastro Nacional de Unidades de Conservação
<i>e.g.</i>	Abreviação para <i>exempli gratia</i> , que significa: por exemplo.
ED	Densidade de borda
ESEG-SAraras	Estação Ecológica da Serra das Araras
<i>et al.</i>	Abreviação da expressão latina " <i>et alii</i> ," que em português significa: e outros.
ha	hectare
H_0	Hipótese nula
<i>i.e.</i>	abreviação para <i>id est</i> , que em português significa: isto é.
ICMBio	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
MESH	Tamanho efetivo da malha
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MONA-RFormoso	Monumento Natural do Rio Formoso
PA	Pontos Aleatórios
PARNA-Cmesas	Parque Nacional da Chapada das Mesas
PARNA-CMesas	Parque Nacional da Chapada das Mesas
PARNA-SCanastra	Parque Nacional da Serra da Canastra
PARNA-SVivas	Parque Nacional das Sempre Vivas
PE-Mokamura	Parque Estadual Massairo Okamura
PE-ZBFlo	Parque Estadual Zé Bolo Flô
PLAND	Porcentagem da classe da paisagem
PM	Plano de Manejo
SEMATUR	Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Turismo
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza
UC	Unidade de Conservação
UCPI	Unidade de Conservação de Proteção Integral
UCUS	Unidade de Conservação de Uso Sustentável
ZA	Zona de Amortecimento

SUMÁRIO

RESUMO.....	xiii
ABSTRACT	xiv
1 INTRODUÇÃO	15
2 MATERIAL E MÉTODOS	17
2.1 SELEÇÃO DAS ZONAS DE AMORTECIMENTO DAS UNIDADES DE CONSERVAÇÃO E DEFINIÇÃO DAS AMOSTRAS.	17
2.2 DEFINIÇÃO DAS CLASSES DO USO E COBERTURA DA TERRA	19
2.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	24
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
4 CONCLUSÕES.....	361
REFERÊNCIAS	372

RESUMO

O Cerrado, a savana mais biodiversa do mundo, enfrenta severas ameaças devido à expansão agrícola, urbanização desordenada e exploração predatória de recursos, que resultam em intensa degradação e fragmentação da paisagem. Neste contexto, as Unidades de Conservação (UC) surgem como um instrumento para a preservação da biodiversidade, sendo, as suas Zonas de Amortecimento (ZA), um elemento crucial à mitigação de impactos externos e, consequentemente, à garantia da integridade ecológica das UC. Apesar da sua importância, o conhecimento acerca da estrutura da paisagem nas ZA era limitada a estudos de casos pontuais, sobretudo no Cerrado, bioma que tem passado por transformações severas em sua paisagem. Este trabalho teve como objetivo analisar a estrutura da paisagem nas ZA das unidades de conservação de proteção integral do Cerrado. A análise se concentrou nas UC enquadradas como de Proteção Integral (UCPI) porque estas constituem unidades em que a manutenção dos ecossistemas deve se dar livre de alterações causadas por interferência humana. A hipótese era que as paisagens nas ZA estariam menos alteradas do que em áreas externas a este contexto. Para essa análise, foram empregadas métricas da paisagem, calculadas a partir de dados georreferenciados de uso e cobertura da terra, e testes estatísticos. As métricas utilizadas foram a Porcentagem da Paisagem (PLAND), a Densidade de Borda (ED) e Tamanho Efetivo da Malha (MESH). Além das ZA também foram amostradas paisagens (PA) fora do contexto das UC e aplicadas as mesmas métricas. A análise de 20 ZAs de UCPI revelou que não houve diferença estatisticamente significativa para a PLAND entre as ZA (média 47,94%) e os PAs (média 59,62%). No entanto, a ED foi significativamente maior nas ZA (média 40,64 m/ha) em comparação com os PA (média 27,83 m/ha), sugerindo maior fragmentação. Adicionalmente, o MESH foi significativamente menor nas ZA (mediana 290,57 ha) em relação aos PA (mediana 6.611,00 ha), indicando menor conectividade. Esses resultados demonstram que as Zonas de Amortecimento analisadas apresentam um nível de fragmentação maior e conectividade inferior às demais paisagens do Cerrado. As ZAs não se mostram mais preservadas e podem estar falhando em seu papel protetor, o que ressalta a urgência de reavaliar o planejamento e a gestão dessas áreas para aumentar a efetividade das UCPI na conservação da biodiversidade do Cerrado.

Palavras-chaves: área protegida, preservação, savana brasileira, fragmentação da paisagem, métricas da paisagem.

ABSTRACT

The Cerrado, the world's most biodiverse savanna, faces severe threats from agricultural expansion, uncontrolled urbanization, and predatory resource exploitation, resulting in intense landscape degradation and fragmentation. In this context, Conservation Units (CUs) emerge as a tool for preserving biodiversity, with their Buffer Zones (BZs) being a crucial element in mitigating external impacts and, consequently, ensuring their ecological integrity. Despite their importance, knowledge about the landscape structure in BZs was limited to specific case studies, particularly in the Cerrado, a biome that has undergone severe landscape transformations. This study aimed to analyze the landscape structure in BZs within Cerrado fully protected conservation units. The analysis focused on BZs classified as Fully Protected (UCPIs) because these constitute units where ecosystem maintenance must be free from alterations caused by human interference. The hypothesis was that landscapes in the AZs would be less altered than in areas outside this context. For this analysis, landscape metrics calculated from georeferenced land use and land cover data and statistical tests were used. The metrics used were Percentage of Landscape (PLAND), Edge Density (ED), and Effective Mesh Size (MESH). In addition to the AZs, landscapes (PA) outside the UCPI context were also sampled and the same metrics applied. The analysis of 20 AZs from UCPI revealed no statistically significant difference in PLAND between the AZs (average 47.94%) and the PAs (average 59.62%). However, ED was significantly higher in the AZs (average 40.64 m/ha) compared to the PAs (average 27.83 m/ha), suggesting greater fragmentation. Additionally, the MESH was significantly lower in the ZA (median 290.57 ha) than in the PA (median 6,611.00 ha), indicating lower connectivity. These results demonstrate that the Buffer Zones analyzed present a higher level of fragmentation and lower connectivity than other Cerrado landscapes. The ZAs are no longer preserved and may be failing in their protective role, highlighting the urgent need to reevaluate the planning and management of these areas to increase the effectiveness of the UCPI in conserving Cerrado biodiversity.

Keywords: protected area, preservation, Brazilian savannah, landscape fragmentation, landscape metrics.

1. INTRODUÇÃO

O bioma Cerrado é conhecido por sua rica biodiversidade, o que o coloca como a savana mais biodiversa do mundo, abrigando diversas espécies de plantas, animais e ecossistemas únicos, incluindo plantas e animais vertebrados endêmicos (Klink e Machado, 2005). Além de sua riqueza ecológica, o bioma é território tradicional de povos indígenas, como Guajá, Xavante, Karajá, Avá-Canoeiro, Xerente e Guarani, cujos modos de vida sustentáveis contribuem para a conservação da biodiversidade (Barbosa e Schmitz, 2008). O Cerrado desempenha, ainda, um papel fundamental na regulação climática e na manutenção de recursos hídricos, abrigando nascentes de importantes bacias hidrográficas, como as do Araguaia-Tocantins, São Francisco e Paraná (Klink e Machado, 2005).

Apesar da sua importância, nas últimas décadas, o avanço do agronegócio, a expansão urbana desordenada e a exploração predatória de recursos naturais têm provocado profundas transformações em sua paisagem, colocando em risco sua integridade ecológica e sociocultural (Rocha e Nascimento, 2021). Este histórico faz com que o Cerrado possa ser entendido como uma zona de sacrifício do desenvolvimento brasileiro. O termo zona de sacrifício denota uma região que concentra impactos ambientais, sociais e de saúde devido à escolha política-econômica de privilegiar atividades intensivas e resultam, além do desmatamento, no uso intenso de agrotóxicos e em impactos sobre as comunidades locais, como intoxicações (Rigotto, Santos e Costa, 2022), malformações, cânceres, adoecimento mental e destruição de modos de vida tradicionais.

As alterações na paisagem as quais o Cerrado passa tem se intensificado nos últimos anos. Em 2023, por exemplo, este processo resultou em uma área desmatada de 1.110.326 hectares (aumento de 68% em relação a 2022), o que correspondeu a 61% de todo o desmatamento identificado em território nacional e o coloca como o bioma brasileiro com maior área desmatada (MapBiomias, 2024). Por ser um mosaico heterogêneo composto por unidades interativas que variam em sua composição, configuração e função (Turner, Gardner e O'Neill, 2001), as mudanças que ocorrem na paisagem afetam as interações entre espécies e os processos ecológicos, alterando diversos processos naturais, como a predação, a polinização e a dispersão de sementes (Laurance *et al.*, 2002).

Desta forma, as transformações que incidem no Cerrado, resultante das ações antrópicas, têm levado à degradação da cobertura vegetal, à fragmentação da paisagem e à redução das áreas naturais, o que compromete a conectividade ecológica, a conservação de espécies e impacta diretamente na biodiversidade local (Laurance *et al.*, 2002; Brandão *et al.*,

2021). A fragmentação da paisagem pode ser compreendida, de forma simplificada, como o processo em que uma área contínua de habitat é subdividida em porções menores e isoladas, resultando nos chamados fragmentos (Figura 1). Esta ofensiva, pelo qual o Cerrado tem passado, o tornou um dos *hotspots* mundiais, ou seja, uma das regiões consideradas prioritárias para a preservação devido à sua grande importância para a biodiversidade global, mas que estão em risco de extinção (Marchese, 2015).

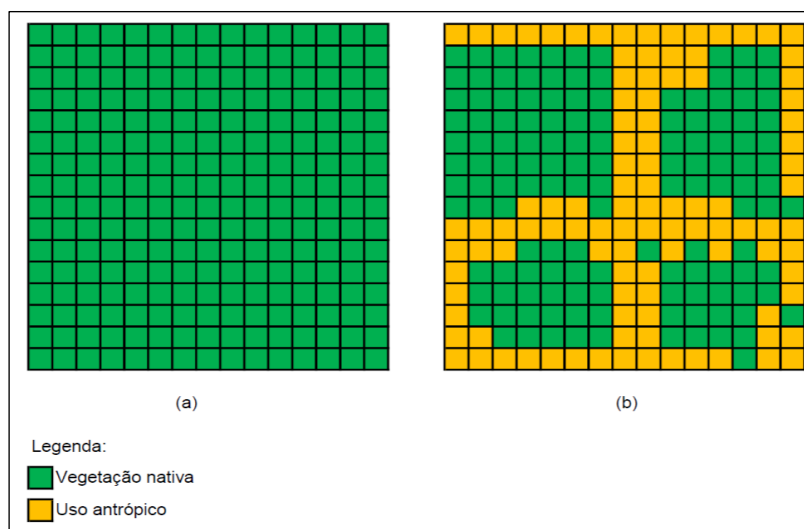


Figura 1. Esquema conceitual sobre fragmentação da paisagem.
Fonte: Produzido pelos autores.

A compreensão desses impactos é crucial para desenvolver estratégias de conservação e gerenciamento que preservem a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos essenciais para o bem-estar humano, sendo necessários o monitoramento contínuo e a implementação de políticas eficazes para mitigar esses efeitos e promover o desenvolvimento sustentável (Defries, Foley e Asner, 2004). Neste contexto, a definição de espaços à proteção com características naturais relevantes surge como uma estratégia fundamental para mitigar os impactos e preservar a biodiversidade. Estas áreas protegidas são um importante instrumento estratégico de controle do território que estabelece limites e dinâmica de usos e ocupação específicos para conservação dos recursos naturais (Medeiros, 2006) e desempenham, deste modo, um papel crucial na conservação da biodiversidade e na manutenção dos serviços ecossistêmicos.

Entre os primeiros dispositivos voltados à proteção de áreas ou recursos naturais está a unidade de conservação (UC), tendo no Parque de Yellowstone, nos Estados Unidos da América, a origem deste tipo de área protegida (Medeiros, 2006). A criação deste Parque, em 1872, é considerado um marco inicial na legislação ambiental referente às unidades de conservação, o que motivou discussões sobre o meio ambiente, que ganharam força e se

espalharam pelo restante do mundo, e teve seu modelo de implantação adotado em diversos países (Aguiar, 2018).

No Brasil, apesar de haver registros históricos de que tanto a coroa portuguesa quanto o governo imperial empreenderam algumas iniciativas destinadas à proteção, à gestão ou ao controle de determinados recursos naturais (Medeiros, 2006), a onda internacional de criação de parques foi adotada tardiamente (Aguiar, 2018). Segundo Medeiros (2006, p. 44), em 1876, inspirado na iniciativa americana e após a visita ao Parque de Yellowstone, o engenheiro André Rebouças propôs, sem sucesso, a criação de um parque na região do maciço do Itatiaia, no Rio de Janeiro. Ainda de acordo com o mesmo autor, em 1913 houve uma nova solicitação à criação de um Parque Nacional no maciço do Itatiaia, feita pelo botânico Alberto Loefgren ao Ministério da Agricultura, sendo, a criação do primeiro parque nacional brasileiro, decretada apenas em 14 de junho de 1937, denominado Parque Nacional do Itatiaia. Atualmente, a criação de UC é reconhecida como resultado de pressões da sociedade civil organizada e transformadas em políticas públicas, cujos critérios de seleção e distribuição variaram ao longo do tempo (Santos e Cherem, 2022).

Desde o ano 2000, os critérios e normas para a criação, implantação e gestão das unidades de conservação são estabelecidos pela Lei n.º 9.985/2000, que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC) e define UC como sendo um “espaço territorial e seus recursos ambientais [...], com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias de proteção” (Brasil, 2000).

As UC estão organizadas em dois grupos: Unidades de Proteção Integral e Unidades de Conservação de Uso Sustentável (UCUS). Enquanto as UCPI são unidades que têm como principal estratégia a proteção das áreas naturais com uma mínima perturbação e intervenção antrópica, a fim de priorizar a preservação de ecossistemas ameaçados e da biodiversidade (Castro *et al.*, 2008), as UCUS são formadas por UC que objetivam conciliar a conservação da natureza com o uso sustentável dos recursos naturais (Brasil, 2000).

Na prática, a separação dos grupos implica que, em relação às UCUS, as UCPI são mais restritivas ao uso antrópico em seu interior e são designadas para preservar a biodiversidade e os processos ecológicos, proporcionando refúgios para espécies ameaçadas e ecossistemas frágeis (Santos e Cherem, 2022). As UCPI são formadas pelas seguintes categorias: Parques Nacionais (PARNA), Reservas Biológicas (REBIO), Estações Ecológicas (ESEG), Monumentos Naturais (MONA) e Refúgio de Vida Silvestre (REVIS) (ICMBio, 2024).

Para que as pressões externas nas unidades de conservação, como as decorrente das

alterações do uso da terra, sejam reduzidas e, conseqüentemente, possa garantir a integridade ecológica destas áreas protegidas, é vital o estabelecimento de uma zona de amortecimento (ZA), isto é, uma área que possa atuar como transição entre a UC e os espaços com outras (ou mesmo ausência) de tipologias de proteção, garantindo, assim, maior efetividade das unidades de conservação (Brandão *et al.*, 2021). Nesse sentido, a Lei n.º 9.985/2000, nos artigos 25 e 27, assegura que toda UC do grupo proteção integral deve possuir um Plano de Manejo (PM) com uma zona de amortecimento com limites definidos, desde o ano de criação da UC ou no prazo máximo de cinco anos. O Decreto nº 4.340/2002, Art. 12, inclui que o PM deve ser elaborado pelo órgão gestor responsável pela UC e, em seu Art. 16, diz que o documento deve estar disponível para consulta do público na sede da UC e no centro de documentação do órgão executor.

O PM é um documento técnico a ser elaborado pelo órgão gestor responsável pela UC a partir de estudos da região a ser implementada, incluindo diagnósticos ambiental, biológico, socioeconômico e legal, devendo estabelecer regras para a sua utilização, com a finalidade de minimizar os impactos negativos, e assegurando que as atividades humanas ao redor das UC não comprometam os objetivos de conservação (Brasil, 2000). Este documento deve orientar a gestão de uma unidade de conservação e estabelecer diretrizes para o uso sustentável dos recursos naturais, a recuperação de áreas degradadas, a pesquisa científica e a educação ambiental (ICMBio, 2018). A elaboração e implementação de um PM eficaz são, portanto, vitais para o sucesso das UC, pois fornecem uma base estruturada para tomadas de decisões informadas (Medeiros *et al.*, 2011).

Sendo parte integrante do plano de manejo, a ZA emerge, então, como uma estratégia fundamental para equilibrar a preservação da biodiversidade com as demandas socioeconômicas (Brandão *et al.*, 2021). Gaston *et al.* (2008) afirmam que a efetividade das áreas protegidas é significativamente aumentada quando estas zonas são bem geridas. Nesse sentido, a continuidade de pesquisas e o monitoramento destas áreas são necessários para adaptar e aprimorar as práticas de melhores gestão, enfrentando os desafios crescentes da conservação da biodiversidade em um mundo em rápida mudança (Pulido-Chadid, Virtanen e Geldmann, 2023).

Considerando que as unidades de conservação inseridas no Cerrado também se encontram em uma conjuntura crítica, no que tange as transformações na paisagem engendradas pelas ações antrópicas, é pertinente buscar entender acerca da situação em que se encontram as zonas de amortecimento destas UC, sobretudo no que tange à participação e à fragmentação da cobertura vegetal natural. Entretanto, poucos são os estudos com este escopo (e.g., Brandão *et*

al., 2021; Ribeiro, Silva e Assunção, 2017), sendo que, até o momento, nenhum trabalho realizou tal abordagem em escala de bioma. Dessa forma, este trabalho busca preencher essa lacuna, fornecendo subsídios para políticas de conservação mais eficazes no Cerrado.

Há outros estudos sobre a zona de amortecimento nos demais biomas brasileiros. Como exemplo, na Mata Atlântica, no estado de São Paulo, Carmo (2022) afirma que a zona de amortecimento pode ser classificada de acordo com o percentual de vegetação nativa, funcionando como indicador do estado de conservação dessas áreas. Outro exemplo, Freitas, Cavalcanti e Neto (2024), realizou um detalhado diagnóstico geoambiental da Área de Proteção Ambiental (APA) e do Refúgio de Vida Silvestre (REVIS) da Ararinha-Azul, localizados no extremo norte da Bahia, no bioma Caatinga com informações sobre clima, geologia, relevo, solos, hidrografia e vegetação para subsidiar a elaboração dos planos de manejo e aprimorar a gestão territorial dessas unidades, que são cruciais para a preservação do habitat da *Cyanopsitta spixii*. No caso de Pampa, um estudo de Mendes *et.al.* (2022) analisou as mudanças na estrutura da paisagem da Reserva Biológica (Rebio) do Ibirapuitã e sua zona de amortecimento (ZA) onde observaram um aumento da perda de campos nativos, avanço da agropecuária, surgimento de novas culturas e um aumento da fragmentação, e perceberam que a combinação da perda de área com o aumento da fragmentação dos campos nativos na unidade de conservação e em sua zona de amortecimento indica um processo de rápida degradação e descaracterização do bioma Pampa na região.

O objetivo deste trabalho foi analisar a estrutura da paisagem nas ZA das Unidades de Conservação do Cerrado. A análise, todavia, ficou restrita às ZA de UC enquadradas como de Proteção Integral (UCPI), pois, conforme explanado, constituem unidades em que a manutenção dos ecossistemas deve se dar livre de alterações causadas por interferência humana (Brasil, 2000), destoando, assim, do cenário encontrado no Cerrado. A hipótese a qual este trabalho está alicerçado é que as ZA devem apresentar características mais favoráveis à manutenção de processos ecologicamente sustentáveis do que em áreas fora delas, por ser um território legalmente amparado e que possui uma função protetiva fundamental à manutenção da unidade de conservação a qual está vinculada.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 SELEÇÃO DAS ZONAS DE AMORTECIMENTO DAS UNIDADES DE CONSERVAÇÃO E DEFINIÇÃO DAS AMOSTRAS

Para a seleção das UCPI a serem analisadas, foram considerados os seguintes critérios: estarem integralmente localizadas no domínio do Cerrado, possuírem um plano de manejo com a informação espacial da zona de amortecimento e tanto a UC quanto a ZA não estarem sobrepostas a outras UC. Excepcionalmente, quatro unidades com predominância de Cerrado em sua extensão foram incluídas para garantir um número amostral representativo: as Estações Ecológicas da Serra das Araras, de Santa Bárbara e de Angatuba, e o Parque Nacional da Serra da Canastra. Para tal, foram utilizados dados georreferenciados e empregadas técnicas de geoprocessamento.

Através do portal de mapas do IBGE, disponível em <https://portaldemapas.ibge.gov.br/portal.php#mapa222600>, foi obtida a camada vetorial dos biomas brasileiros. A partir desta camada foi extraído o limite territorial do Cerrado, utilizado como referência espacial à delimitação da área de estudo. Do banco de dados do Ministério do Meio Ambiente (MMA), disponível em <http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm>, foram baixadas as unidades de conservação do país.

No *software* QGIS (QGIS Development Team, 2023), na sua versão de Suporte de Longo Prazo (LTR), utilizando os atributos alfanuméricos dos dados das UC obtidos no MMA, foi possível identificar as unidades de conservação de proteção integral e diferenciá-las das de uso sustentável, sendo gerada uma lista das UCPI estabelecidas espacialmente até o ano de 2023. A partir dessa seleção, foram analisadas possíveis sobreposições de UC e a sua total inserção no bioma Cerrado, tomando por base a camada oriunda do IBGE. Após essa verificação, e consequente triagem, foi realizada uma pesquisa nos órgãos competentes, por meio de *sites* oficiais responsáveis por cada UCPI, em busca de seus respectivos planos de manejo, avaliando a presença, ou ausência, da zona de manejo no referido documento, sobretudo representado em mapas. Os PMs das UCPI federais foram buscados no site do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio, 2024), disponível em <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/unidades-de-conservacao>. Já os das UCPI estaduais e municipais foram consultadas em portais *online* das respectivas Secretarias do Meio Ambiente de cada Estado e município.

Após a identificação das ZA nos Planos de Manejo, foi realizado, no QGIS, o georreferenciamento e a vetorização do limite das mesmas (Figura 2B), o qual foi utilizado como máscara de sobreposição à identificação das classes de cobertura e uso da terra presentes

nas zonas de amortecimento das unidades de conservação selecionadas (Figura 2D). Estas classes foram produzidas no âmbito do projeto MapBiomas (Souza Jr. *et al.*, 2020), correspondem à extensão do Cerrado para o ano de 2023 (coleção 9.0) e foram baixadas a partir da plataforma de análise geoespacial baseada na nuvem *Google Earth Engine* (GEE), acessível em <https://code.earthengine.google.com/>.

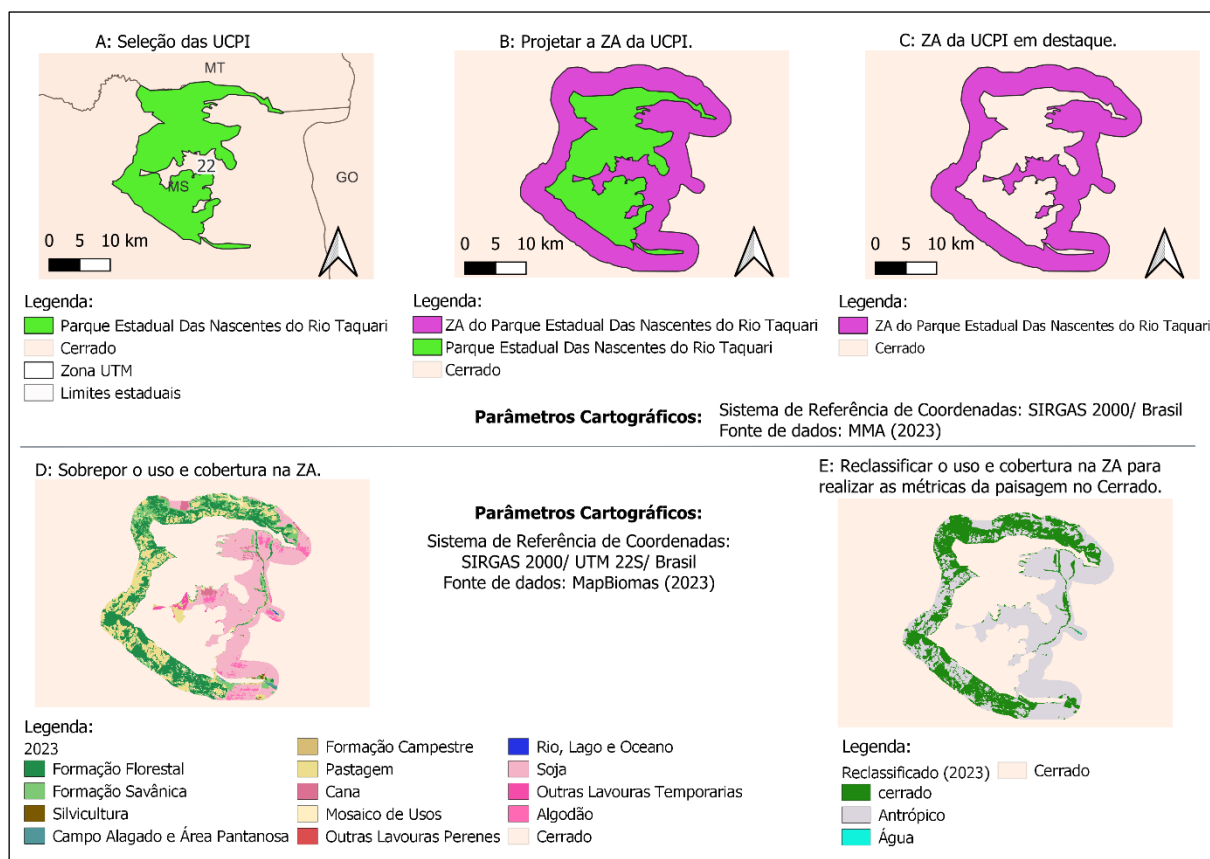


Figura 2. Processo de identificação das ZA das UCPI selecionadas e do uso e cobertura da terra utilizando o QGIS para aplicação das métricas da paisagem de 2023.

Fonte: Produzido pelos autores.

2.2 DEFINIÇÃO DAS CLASSES DO USO E COBERTURA DA TERRA

De posse da distribuição espacial das classes de cobertura vegetação e uso da terra dentro das ZA, foi realizada uma reclassificação destas, buscando agrupar as classes de cobertura natural do Cerrado em uma categoria e as demais classes em outra. Assim, foram enquadradas como coberturas de cerrado as seguintes classes: formação florestal, formação savânica, floresta alagável, campo alagado e área pantanosa, formação campestre e o afloramento rochoso. A outra categoria gerada foi constituída pelas classes: silvicultura, pastagem, cana, mosaicos de usos, área urbana, outras áreas não vegetadas, mineração, soja, café, citrus, algodão, outras lavouras perenes, outras lavouras temporárias e rio e lago.

Para a categoria correspondente às coberturas de cerrado, foram calculadas, em cada zona de amortecimento, três métricas da paisagem: *Percentage of Landscape Proportion* (Porcentagem da paisagem – PLAND), *Edge Density* (Densidade de borda – ED) e *Effective Meshsize* (Tamanho efetivo da malha – MESH). As métricas de paisagem são algoritmos que quantificam as características espaciais específicas de manchas (classes de manchas ou mosaico da mancha) da paisagem completa ou do contexto espacial de células individuais (*pixels*) dentro de um mosaico da mancha (McGarigal e Marks, 1995). As métricas foram calculadas utilizando o *software* R (R Core Team, 2024), utilizando o pacote *landscapemetrics* (Hesselbarth *et al.*, 2019). As fórmulas utilizadas serão detalhadas a seguir, com equações e descrições retiradas de McGarigal (2015).

- Porcentagem da paisagem (PLAND - *Percentage of Landscape*); representa a porcentagem da paisagem que quantifica a riqueza de cada tipo de classe presente na paisagem (Equação 1).

$$PLAND = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{A} * 100 \quad (1)$$

Onde: a_{ij} é a área (m²) de cada fragmento;

A é a área total da paisagem (m²)

PLAND será dado em porcentagem (%)

Os valores de PLAND variam de $0 < PLAND \leq 100$. Quanto mais o valor de PLAND se aproxima de 0, mais rara é a classe na paisagem. Quanto mais o valor de PLAND se aproxima de 100, mais abundante é a classe na paisagem. Quando chega a 100, significa que a paisagem é composta por uma única classe. Ou seja, valores mais elevados de PLAND indicam maior abundância e melhor representatividade da classe na paisagem, sugerindo maior grau de preservação.

- Densidade de borda (ED - *Edge Density*); é a soma das bordas de todos os comprimentos (m) envolvendo os segmentos de borda do tipo de fragmento correspondente, dividido pela área total da paisagem (m²) e multiplicado por 10.000, para sua conversão em hectares (Equação 2). A soma das bordas corresponde ao perímetro da figura formada pelo fragmento. Assim, quanto maior o valor do índice ED, maior é o grau de fragmentação e, conseqüentemente, maior a exposição aos efeitos de borda.

$$ED = \frac{\sum_{k=1}^m e_{ik}}{A} * 10.000 \quad (2)$$

Onde: e_{ik} é o comprimento total (m) da borda dos fragmentos da classe;
 A é a área total da paisagem (m²)
 ED será dado em metros por hectares (m/ha)

- Tamanho efetivo da malha (MESH - *Effective Mesh Size*); descreve a fragmentação de uma paisagem baseada na probabilidade de que dois pontos aleatórios na paisagem não estejam situados no mesmo fragmento; como a probabilidade é multiplicada pela área total da paisagem, o MESH denota o tamanho da área contínua que pode ser acessada, sem sair do fragmento, a partir de um ponto escolhido aleatoriamente (ZHOU *et al.*, 2020) e é calculada utilizando a Equação 3.

$$MESH = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}^2}{A} * \frac{1}{10.000} \quad (3)$$

Onde: a_{ij} é a área (m²) de cada fragmento;
 A é a área total da paisagem (ha)

O tamanho efetivo da malha é uma métrica que quantifica o grau de fragmentação da paisagem. O cálculo baseia-se no método do Tamanho Efetivo da Malha, que representa a área acessível para os animais ao iniciar um movimento a partir de um ponto aleatório dentro da paisagem, sem encontrar barreiras físicas. O Tamanho Efetivo da Malha pode ser interpretado como a área onde é provável que dois pontos aleatórios estejam conectados, ou seja, não separados por barreiras resultantes da fragmentação da paisagem, como estradas ou áreas urbanizadas. Por conseguinte, o MESH é uma medida da conectividade da paisagem, indicando em que grau os deslocamentos entre diferentes partes da paisagem são possíveis. Logo, o índice MESH representa uma medida de conectividade da paisagem. Valores mais elevados de MESH indicam maior conectividade e menor grau de fragmentação. O MESH é expresso em termos de área (hectare [ha]), utilizando células de uma grade regular de 1 ha como unidades de referência.

Com o objetivo de comparar a estrutura da paisagem dentro das zonas de amortecimento com as áreas externas a estas, verificando qual apresenta melhores condições à manutenção da vida silvestre, foram estabelecidos pontos de amostragem aleatórios distribuídos no Cerrado, buscando se obter o quantitativo, pelo menos, igual número ao das unidades de conservação selecionadas. Na tentativa de se ter os pontos distribuídos ao longo do Cerrado, evitar a colineariedade e, assim, representar, da melhor forma possível, as diferentes características estruturais deste bioma, foi gerada uma quadrícula com tamanho de 3°x3°, a partir da qual foram gerados os pontos aleatórios (um em cada quadrícula). Os pontos gerados foram, então,

averiguados quanto à sua sobreposição em alguma unidade de conservação ou proximidade a esta (<20km de distância), sendo excluídos os pontos que se enquadraram nestas situações. Também foram retirados da análise os pontos que ficaram a menos de 10km da borda do Cerrado, uma vez que a área a ser analisada com base no ponto (ver a seguir) extrapolaria esta distância, abarcando, portanto, outro bioma, o que descaracterizaria, mesmo que parcialmente, a análise.

Para cada ponto remanescente foi estabelecido um *buffer* de 10km de raio, os quais foram submetidos aos mesmos procedimentos realizados na zona de amortecimento das UC, isto é: identificação das classes de uso e cobertura presentes, reclassificação destas em duas categorias e cálculo das métricas da paisagem.

2.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para ambos os grupos de paisagens (zona de amortecimento e pontos aleatórios), foram realizadas análises descritivas dos dados obtidos, sendo os resultados apresentados graficamente, visando identificar possíveis *outliers* e visualizar a distribuição dos dados em cada grupo, realizar a apresentação das estatísticas descritivas relevantes para cada grupo e para cada métrica e, também, para avaliação da sobreposição das distribuições dos dois grupos. A análise estatística foi realizada utilizando o *software* Jamovi (*The Jamovi Project*, 2024).

A fim de testar se os dois grupos possuem diferenças estatisticamente significativa entre si, foram realizados testes estatísticos, considerando um intervalo de confiança com nível de significância de 95%. A hipótese nula (H_0) foi estabelecida como sendo a hipótese de nulidade, ou seja, não existe diferença significativa entre os grupos observados.

Para tal, primeiramente, foram verificados os pressupostos, ou seja, a normalidade e homogeneidade de variâncias (homocedasticidade). Para testar a normalidade, isto é, verificar se os dados de cada variável seguem uma distribuição normal, foi realizado o teste de Shapiro-Wilk. Foi considerada como a hipótese nula (H_0) a ser testada que os dados de cada variável resposta (PLAND, ED e MESH) apresentam uma distribuição normal, ou seja, H_0 = os dados de cada variável resposta apresentam distribuição normal.

Para testar a homogeneidade de variâncias foi utilizado o teste de Levene, tendo como hipótese nula (H_0) que a variância dos resultados das variáveis das ZA não difere da variância das variáveis dos PA. Hipóteses nulas semelhantes foram realizadas para cada variável resposta. Assim, para PLAND, H_0 = a variância dos resultados da porcentagem da classe da paisagem nas ZA não difere da variância nos PA; para ED, H_0 = a variância dos resultados da densidade

de borda nas ZA não difere da variância nos PA; e para MESH, H_0 = a variância dos resultados do tamanho efetivo da malha nas ZA não difere da variância nos PA.

Quando ambos os pressupostos, de normalidade e homocedasticidade, foram atendidas, aplicou-se o teste t de Student para comparar as médias dos dois grupos (ZA e PA). No caso da variável não atender aos pressupostos de normalidade e/ou homocedasticidade, foi adotado um teste não paramétrico, o teste U de Mann-Whitney, para comparar as medianas dos dois grupos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação dos critérios à seleção das unidades de conservação resultou em 20 UCPI que tiveram as suas zonas de amortecimento analisadas (Quadro 01). Dentre elas, 04 estão localizadas no estado de Mato Grosso do Sul, 05 no Mato Grosso, 05 em Minas Gerais, 04 em São Paulo, 01 no estado de Goiás e 01 no Maranhão (Quadro 01 e Figura 3). As UCPI de esfera administrativa federal são a ESEG da Serra das Araras (ESEG-SAraras), o PARNA das Sempre Vivas (PARNA-SVivas), o PARNA da Serra da Canastra (PARNA-SCanastra) e o PARNA da Chapada das Mesas (PARNA-CMesas), enquanto as demais são pertencentes à esfera estadual (Quadro 01 e Figura 3). Nenhuma UC de esfera municipal foi selecionada, pois não atenderam aos critérios adotados nessa pesquisa.

QTD	NOME DA UC	REFERÊNCIA ADOTADA PARA IDENTIFICAR A UCPI	ATO LEGAL	ESTADO	ÓRGÃO RESPONSÁVEL	ANO DO PM
1	Monumento Natural do Rio Formoso	MONA-RFormoso	Decreto 11.453 de 23/10/2003	MS	Instituto de Meio Ambiente do Mato Grosso do Sul	2017
2	Parque Estadual do Prosa	PE-Prosa	Decreto nº 10783 de 22/05/2002	MS	Instituto de Meio Ambiente do Mato Grosso do Sul	2011
3	Parque Estadual Matas do Segredo	PE-MSegredo	Decreto nº 9935 de 06/06/2000	MS	Instituto de Meio Ambiente do Mato Grosso do Sul (IMASUL)	2009
4	Parque Estadual Das Nascentes do Rio Taquari	PE-NRTaquari	Decreto nº 9662 de 14/10/1999	MS	Instituto de Meio Ambiente do Mato Grosso do Sul	2014
5	Parque Estadual de Águas Quentes	PE-AQuentes	Decreto nº 1.240 de 13/01/1978	MT	Secretaria de Estado do Meio Ambiente de Mato Grosso	2015
6	Parque Estadual Zé Bolo Flô	PE-ZBFlo	Decreto nº 1.693 de 23/08/2000	MT	Secretaria de Estado do Meio Ambiente de Mato Grosso	2012
7	Parque Estadual Mãe Bonifácia	PE-MBonifacia	Decreto nº 1.470, 09/06/2000	MT	Secretaria de Estado do Meio Ambiente - SEMA-MT	2013
8	Parque Estadual Massairo Okamura	PE-MOkamura	Lei nº 7313, 01/09/2000	MT	Secretaria de Estado do Meio Ambiente - SEMA-MT	2012
9	Estação Ecológica da Serra das Araras	ESEG-SAraras	Decreto 87222 de 31/05/1982	MT	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade	2016
10	Parque Nacional da Chapada das Mesas	PARNA-CMesas	Decreto nº S/N de 12/12/2005	MA	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade	2019
11	Estação Ecológica de Acauã	ESEG-Acauã	Decreto nº 16580 de 24/09/1974	MG	Instituto Estadual de Florestas de Minas Gerais	2019
12	Parque Nacional das Sempre Vivas	PARNA-SVivas	Decreto nº S/N de 16/12/2002	MG	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade	2016
13	Monumento Natural Estadual Gruta Rei do Mato	MONA-GRMato	Decreto 8670 de 27/09/1984	MG	Instituto Estadual de Florestas de Minas Gerais	2012
14	Parque Nacional da Serra da Canastra	PARNA-SCanastra	Decreto nº 70.355 de 03/04/1972	MG	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade	2017

15	Parque Estadual de Paracatu	PE-Paracatu	Decreto 45567 de 22/03/2011	MG	Instituto Estadual de Florestas de Minas Gerais	2018
16	Parque Estadual da Serra de Caldas Novas	PE-SCNovas	Lei ordinária nº 7.282 de 09/10/1970	GO	Secretaria Estadual do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos de Goiás	2021
17	Estação Ecológica de Santa Bárbara	ESEG-SBarbara	Decreto 22.337 de 07/06/1984	SP	Fundação para Conservação e a Produção Florestal do Estado de São Paulo	2011
18	Estação Ecológica de Avaré	ESEG-Avare	Decreto 56.616 de 28/12/2010	SP	Fundação para Conservação e a Produção Florestal do Estado de São Paulo	2018
19	Estação Ecológica de Paranapanema	ESEG-Paranapanema	Decreto nº 37.538 de 28/09/1993	SP	Fundação para Conservação e a Produção Florestal do Estado de São Paulo	2018
20	Estação Ecológica de Angatuba	ESEG-Angatuba	Decreto nº 23.790 de 14/08/1985	SP	Fundação para Conservação e a Produção Florestal do Estado de São Paulo	2009

Quadro 1. Dados das UCPI selecionadas.

Fonte: ICMBio (2024) e Secretaria do Meio Ambiente de cada Estado (2024)

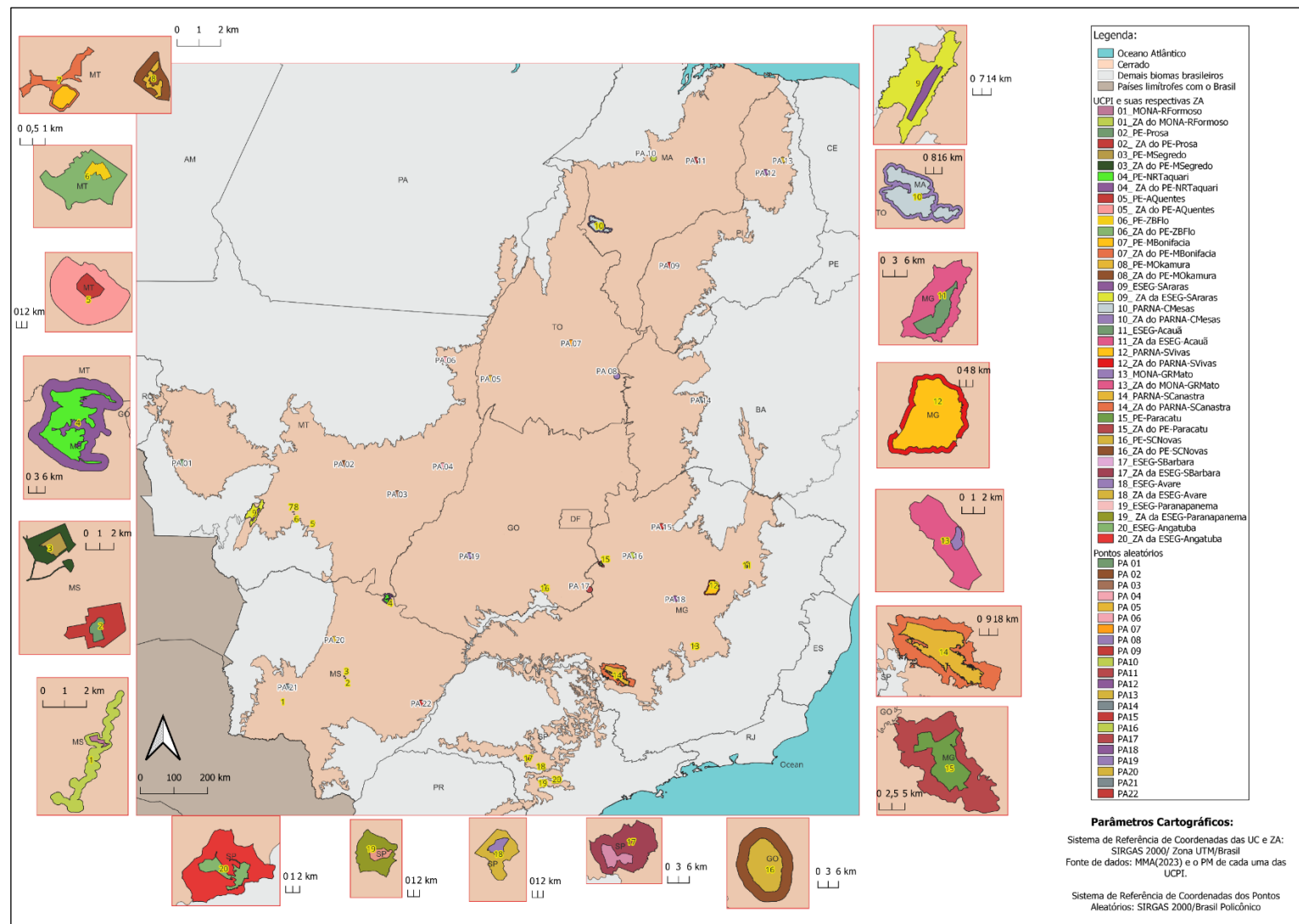


Figura 3. As Unidades de Conservação de Proteção Integral selecionadas com suas respectivas Zona de Amortecimento e os pontos aleatórios no interior do Cerrado.

Fonte: Produzido pelos autores

A ZA do Parque Estadual Massairó Okamura (PE-MOkamura) (Quadro 01), localizada no estado de Mato Grosso (Figura 4), apresentou os menores valores para porcentagem de paisagem de cerrado (7,37%), densidade de borda (19,40 m/ha) e tamanho efetivo da malha (0,28 ha) (Tabela 1). Em contraste, a maior porcentagem de paisagem de cerrado foi registrada na ZA do MONA do Rio Formoso (MONA-RFormoso, Tabela 1), localizada no estado de Mato Grosso do Sul (Figura 4), com 86,40%, enquanto a maior densidade de borda foi identificada na ZA do PE Zé Bolo Flô (PE-ZBFlo) (Tabela 1), em Mato Grosso (Figura 4), com 64,58 m/ha. Já a ZA com o maior tamanho efetivo da malha foi a do PARNA da Chapada das Mesas (PARNA-CMesas) (Tabela 1), no estado do Maranhão (Figura 4), com 69.204,07 ha.

A constituição das quadrículas no Cerrado resultou em 41 quadrados, e mesmo número de pontos aleatórios (um por quadrículas). Destes, ao aplicar os critérios de seleção mencionados na metodologia de estudo dessa pesquisa, restaram 22 pontos aleatórios distribuídos da seguinte forma: 05 estão no estado do Mato Grosso, 03 no Tocantins, 02 no Maranhão, 03 no Piauí, 02 em Goiás, 03 em Minas Gerais, 03 no Mato Grosso do Sul e 01 está na Bahia (Figura 3).

Tabela 1. Resultado das métricas das amostras das ZA das UCPI.

	ZA das UCPI	PLAND (%)	ED (m/ha)	MESH ((ha)
1	MONA-RFormoso	36,91	64,58	26,83
2	PE-Prosa	27,79	48,24	655,82
3	PE-MSegredo	36,51	50,76	227,86
4	PE-NRTaquari	80,60	23,12	9348,24
5	PE-AQuentes	31,77	52,02	552,03
6	PE-ZBFlo	36,18	23,61	1818,24
7	PE-MBonifacia	86,40	33,05	161,58
8	PE-MOkamura	51,64	61,48	246,21
9	ESEG-SAraras	24,14	59,40	6,93
10	PARNA-CMesas	31,96	44,19	264,57
11	ESEG-Acauã	70,16	31,19	7442,10
12	PARNA-SVivas	21,22	31,74	6,41
13	MONA-GRMato	62,15	33,09	5079,78
14	PARNA-SCanastra	7,37	19,40	0,28
15	PE-Paracatu	65,08	58,59	47,31
16	PE-SCNovas	85,95	25,61	69204,07

17	ESEG-SBarbara	17,18	34,60	10,50
18	ESEG-Avare	40,86	55,51	316,57
19	ESEG-Paranapanema	82,84	29,62	7858,84
20	ESEG-Angatuba	62,15	33,09	5079,78

Fonte: Produzido pelos autores.

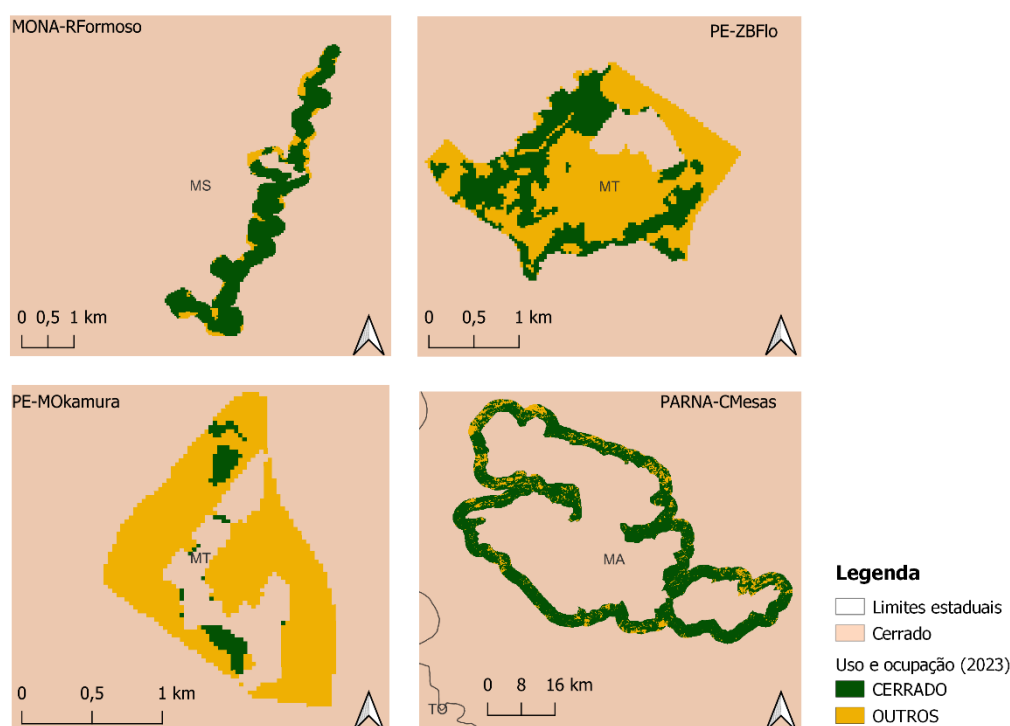


Figura 4. As ZA das UCPI com os maiores e menores valores obtido das métricas resultantes.

Fonte: Produzido pelos autores.

A análise comparativa do padrão da cobertura vegetal natural entre a zona de amortecimento das unidades de conservação e as áreas estabelecidas fora desse contexto (pontos aleatórios) foi realizada com base nas métricas PLAND (Porcentagem da Paisagem), ED (Densidade de Borda) e MESH (Tamanho Efetivo da Malha). Os pressupostos de normalidade (teste Shapiro-Wilk) e homogeneidade de variâncias (teste Levene) foram avaliados, sendo os testes estatísticos selecionados conforme a distribuição dos dados (Figura 5). As estatísticas descritivas da métricas estão resumidas na Tabela 2 e os resultados dos testes são apresentados na Tabela 3 e ilustram diferenças significativas em duas das três métricas avaliadas.

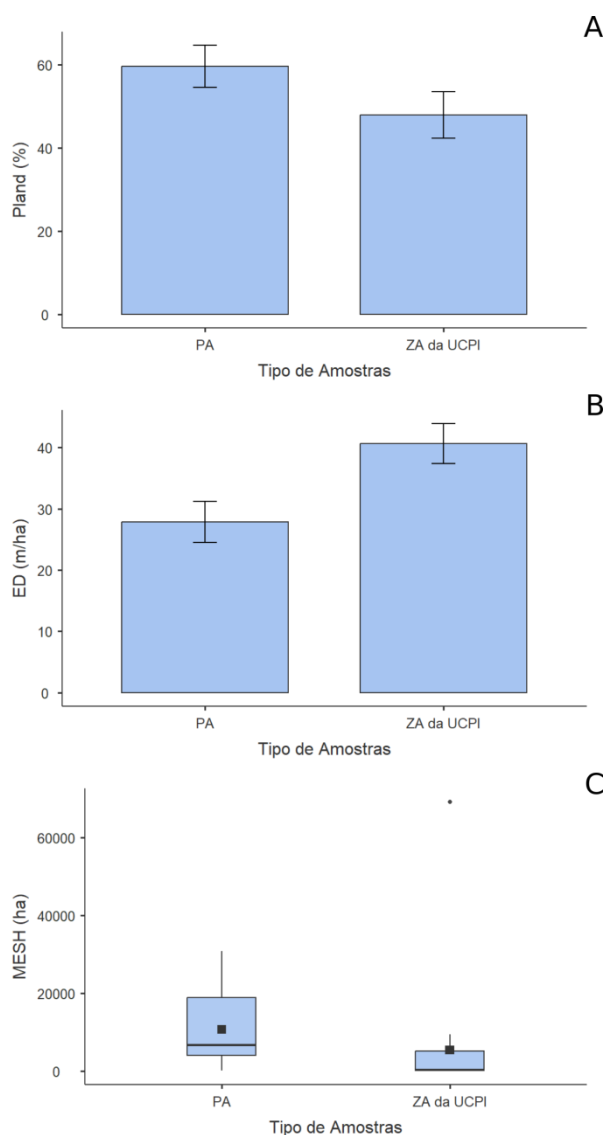


Figura 5. Representação gráfica das distribuições dos valores obtidos das métricas da paisagem com base nos dados de 2023 no Cerrado. A = porcentagem da classe da paisagem (PLAND), B = densidade de borda (ED), C = Tamanho efetivo da malha (MESH).

Fonte: Produzido pelos autores.

Para os testes de normalidade (Shapiro-Wilk), adotou-se como hipótese nula (H_0) que os dados de cada variável resposta apresentam distribuição normal, rejeitando-se H_0 quando $p < 0,05$. Os resultados indicaram que as métricas PLAND ($p = 0,081$) e ED ($p = 0,39$) apresentaram distribuição normal (não rejeitou-se H_0), permitindo a aplicação de testes paramétricos. Em contraste, a métrica MESH ($p < 0,001$) não atendeu ao pressuposto de normalidade (rejeitou-se H_0), demandando o uso de teste não paramétrico.

Em relação aos testes de homogeneidade de variâncias (Levene), considerou-se como hipótese nula (H_0) que as variâncias são homogêneas entre os grupos para cada variável resposta, rejeitando-se H_0 quando $p < 0,05$. Os testes confirmaram a igualdade de variâncias para todas as métricas analisadas: PLAND ($p = 0,636$), ED ($p = 0,721$) e MESH ($p = 0,724$), não rejeitando-se H_0 e validando a aplicação dos testes estatísticos subsequentes.

Com base nos resultados dos testes, o test t de Student foi utilizado à análise da porcentagem de cobertura vegetal natural, com hipótese nula (H_0) de que não existe diferença significativa entre as médias dos dois grupos avaliados, rejeitando-se H_0 quando $p < 0,05$. A análise revelou que as áreas geradas com base nos pontos aleatórios apresentaram maior percentual de cobertura vegetal em comparação às ZA (média de $59,62\% \pm 23,76\%$ e $47,94\% \pm 24,76\%$, respectivamente), embora essa diferença não tenha sido estatisticamente significativa ($t = 1,565$; $p = 0,127$), não rejeitando-se H_0 .

A constatação de inexistência de diferença entre as ZA e os PA, e os valores médios de porcentagem de cerrado em ambos (Tabela 2), refletem o percentual encontrado em estudos que mapeiam o uso e cobertura do solo no Cerrado como um todo (ver Souza et al., 2020) e, certamente, indicam uma situação indesejada nas paisagens aqui analisadas, sobretudo nas ZA, pois esta, a despeito do teste estatístico, além de possuir percentual médio ainda menor que as áreas fora deste contexto, desempenham (ou deveriam desempenhar) uma função protetora junto à unidade de conservação.

De acordo com Medeiros *et al.* (2011), a zona de amortecimento é projetada para reduzir a pressão antrópica sobre a UC, atuando como uma interface entre as atividades humanas intensivas e a área da unidade de conservação a ser protegida. O que se identificou aqui, em termos de porcentagem de área natural, contradiz esta concepção.

O percentual de cerrado encontrado nas ZA indica que mais da metade da área é ocupada por coberturas antrópicas, tendo sua cobertura natural sido, portanto, suprimida ao longo dos anos e ocupadas por atividades antrópicas, tais como urbanização e agricultura intensiva. Estas atividades exercem impactos significativos sobre o meio ambiente e a biodiversidade, resultando em alterações nas dinâmicas ecológicas, mudanças nos ciclos de nutrientes e água, modificações microclimáticas, impactos sociais e econômicos, aumento da vulnerabilidade às mudanças climáticas e perda de habitat e de biodiversidade (Foley *et al.*, 2005; Haddad *et al.*, 2015).

Tabela 2. Estatística descritiva dos dados.

	Tipo de Amostra	PLAND (%)	ED (m/ha)	MESH (ha)
N (tamanho da amostra)	PA	22,00	22,00	22,00
	ZA	20,00	20,00	20,00
Mínimo	PA	16,15	2,63	79,07
	ZA	7,368	19,40	0,28
1º Quartil (25 Percentis)	PA	45,21	19,42	3.958,97
	ZA	30,78	30,80	42,19
Mediana (50 Percentis)	PA	55,68	27,67	6.611,00
	ZA	38,88	33,85	290,57
Média	PA	59,62	27,83	10.683,45
	ZA	47,94	40,64	5.417,70
3º Quartil (75 Percentis)	PA	80,04	37,43	18.832,97
	ZA	66,35	52,89	5.079,78
Máximo	PA	99,29	59,17	30.844,91
	ZA	86,40	64,58	69.204,07
Desvio-padrão	PA	23,76	15,81	9.666,64
	ZA	24,76	14,47	15.325,71

Fonte: Produzido pelos autores.

A perda de habitat resulta em um ambiente fragmentado que não apenas reduz as áreas disponíveis para muitas espécies, mas também compromete sua viabilidade a longo prazo. Embora ambos grupos amostrais não possuam diferença significativa no que diz respeito à quantidade de habitat, o mesmo não foi identificado na métrica utilizada como indicador de fragmentação, o MESH. Nesta, foi aplicado o teste U de Mann-Whitney, com hipótese nula (H_0) de que não existe diferença significativa entre as medianas dos dois grupos avaliados, rejeitando-se H_0 quando $p < 0,05$. O tamanho efetivo da malha apresentou diferença estatisticamente significativa entre as paisagens analisadas (U de Mann-Whitney = 298,5; $p = 0,02$), rejeitando-se H_0 .

As áreas externas às zonas de amortecimento demonstraram menor fragmentação, com mediana de 6.611,00 ha, em contraste com a mediana de 290,57 ha, observada nas ZA. A análise dos quartis revelou que 75% das áreas PA apresentam MESH superior a 3.958,97 ha, enquanto o terceiro quartil das áreas ZA corresponde a apenas 5.079,78 ha, valor próximo à mediana das áreas PA. A amplitude de variação foi notavelmente maior nas zonas de amortecimento (0,28 a 69.204,07 ha) comparativamente às áreas externas (79,07 a 30.844,91 ha), sugerindo maior

heterogeneidade na conectividade funcional das paisagens próximas às unidades de conservação.

Tabela 3. Resultado dos testes estatísticos.

Métricas da paisagem	Tipo de teste estatístico adotado	p
PLAND	t de Student	0,127
ED	t de Student	0,009
MESH	U de Mann-Whitney	0,02

Fonte: Produzido pelos autores.

À semelhança do que se discorreu em relação à métrica PLAND, na fragmentação o resultado também é diferente do esperado. Para o MESH, porém, a situação é ainda mais contraditória, uma vez que os valores menos favoráveis à manutenção de processos ecologicamente sustentáveis foram encontrados fora da zona de amortecimento.

Apesar de ser difícil explicar o porquê desta configuração, pode estar havendo uma ineficiência na gestão das ZA ou mesmo uma redação, nos planos de manejo, que seja conivente à constituição de tal padrão de fragmentação, pois, conforme Fischer e Lindenmayer (2007), a gestão eficaz da ZA é essencial para a integridade ecológica das UC, uma vez que ajuda a manter a conectividade de habitat e proteger contra a fragmentação.

O ponto basilar da tentativa de explicar a situação encontrada nas ZA em relação ao MESH está centrado nos valores encontrados por Torquato (2024) no entorno de unidades de conservação sem zona de amortecimento, cuja mediana foi de 349 ha, maior, portanto, do que o encontrado nas ZA deste estudo, o que sugere que a zona de amortecimento possui uma paisagem com a cobertura vegetal natural mais fragmentada do que áreas próximas a UC sem zona de amortecimento.

A paisagem fragmentada é uma paisagem caracterizada por um forte contraste entre manchas de vegetação e a matriz circundante, i.e., tipo de fundo dominante em uma paisagem (Fischer e Lindenmayer, 2007). Diz respeito à divisão de um habitat contínuo em parcelas menores e isoladas, processo que tem sido acelerado pela expansão urbana, agricultura intensiva e exploração florestal e constitui um fenômeno ambiental crítico que resulta na perda e degradação de habitats, afetando a biodiversidade e a dinâmica ecológica (Fahrig, 2003).

Esta fragmentação reduz a disponibilidade de áreas naturais, provoca a perda de espécies (Haddad *et al.*, 2015), tem potencial de comprometer a conservação de espécies de amplo deslocamento, como grandes mamíferos e aves, que dependem de áreas contínuas (Forman & Godron, 1986) e pode resultar na alteração das interações ecológicas que ocorrem dentro e entre esses fragmentos (Fahrig, 2003). Ou seja, a fragmentação provoca mudanças na

estrutura da paisagem, reduzindo a conectividade entre habitats e, em último caso, entre estes e a unidade de conservação adjacente, no caso da zona de amortecimento.

A redução da conectividade da paisagem, em conjunto com a degradação do habitat, torna os ecossistemas mais vulneráveis às alterações climáticas, exacerbando os efeitos negativos sobre a biodiversidade (Opdam e Wascher, 2004). A evolução desta conjuntura, ou seja, a fragmentação do habitat e a perda de conectividade entre os fragmentos, ameaça a sobrevivência de diversas espécies (Brandão *et al.*, 2021), já que limita o movimento de espécies e interfere em processos ecológicos fundamentais, como polinização e dispersão de sementes (Haddad *et al.*, 2015). A fragmentação também pode alterar as condições microclimáticas e aumentar a exposição de espécies a predadores e parasitas, contribuindo ainda mais para a diminuição da biodiversidade, como acontece no efeito de borda.

Neste estudo, o efeito de borda foi analisado a partir da métrica densidade de borda, empregando-se o teste t de Student, com hipótese nula (H_0) de que não existe diferença significativa entre as médias dos dois grupos avaliados, rejeitando-se H_0 quando $p < 0,05$. Esta métrica apresentou diferença estatisticamente significativa entre os dois tipos de paisagem ($t = -2,764$; $p = 0,009$), rejeitando-se H_0 . As paisagens das zonas de amortecimento exibiram maior densidade de borda ($40,64 \pm 14,47$ m/ha) em comparação às áreas externas ($27,83 \pm 15,81$ m/ha), indicando maior efeito deste processo nas ZA e corroborando a maior fragmentação da cobertura vegetal natural nas proximidades das unidades de conservação.

A amplitude de variação foi similar entre os grupos, com as áreas dos PA variando de 2,63 a 59,17 m/ha e as zonas de amortecimento de 19,40 a 64,58 m/ha. Notavelmente, o valor mínimo de densidade de borda nas zonas de amortecimento (19,40 m/ha) foi superior ao das áreas externas (2,63 m/ha), sugerindo que mesmo as zonas de amortecimento menos fragmentadas apresentam maior complexidade de borda que as áreas dos PA mais conservadas.

O resultado encontrado para a métrica ED reforça o padrão aparentemente paradoxal encontrado na configuração da cobertura vegetal natural das paisagens aqui analisadas, contrariando as expectativas teóricas sobre o papel das zonas de amortecimento como áreas de proteção e transição gradual entre ecossistemas antropizados e áreas protegidas. Ou seja, a zona de amortecimento está, ao que tudo indica, sendo submetida à pressões antrópicas maiores que as demais áreas do Cerrado. No caso do efeito de borda, esta situação implica em mudanças nas condições ambientais que ocorrem nas bordas dos fragmentos de habitat, onde áreas cultivadas ou urbanas encontram áreas naturais, podendo aumentar a vulnerabilidade das espécies que habitam esses ambientes ao introduzir condições adversas como maior luminosidade, vento e a presença de espécies invasoras (Murcia, 1995). As bordas atuam como barreiras ou zonas de

tensão que afetam não apenas as espécies que vivem nas bordas, mas também aquelas que dependem de habitats contíguos para sua sobrevivência (Laurance et al., 2002).

A efetividade das áreas protegidas depende não apenas de sua criação, mas também de uma gestão adaptativa (Gaston *et al.*, 2008). Assim, para que as ZA tenham efeito real, se faz necessária uma gestão rigorosa, incluindo a restrição de atividades degradantes, o que muitas vezes não ocorre na prática (Fischer e Lindenmayer, 2007) e está potencialmente ocorrendo nas unidades de conservação do Cerrado.

4. CONCLUSÕES

O presente estudo buscou analisar a estrutura da paisagem em ZA de UCPI no Cerrado, partindo da hipótese de que estas áreas apresentariam características mais favoráveis à manutenção de processos ecologicamente sustentáveis do que áreas externas a elas. Os resultados, contudo, revelam um quadro complexo e, em certos aspectos, preocupante, onde as zonas de amortecimento das unidades de conservação apresentaram piores padrões de configuração da paisagem em comparação às áreas localizadas fora dessas zonas, revelando um cenário paradoxal que contraria as expectativas teóricas sobre o papel protetor dessas áreas.

Os resultados evidenciaram maior fragmentação (densidade de borda 46% superior) e menor conectividade funcional (tamanho efetivo da malha 95% inferior) nas zonas de amortecimento, indicando que a proximidade com unidades de conservação não tem garantido melhor qualidade da paisagem. Embora a diferença na porcentagem de cobertura vegetal não tenha sido estatisticamente significativa, observou-se tendência consistente de menor conservação nas zonas de amortecimento, sugerindo processos de degradação progressiva nessas áreas.

Esse padrão sugere que as pressões antrópicas exercidas nas proximidades das unidades de conservação podem estar superando os benefícios teóricos da proximidade com áreas protegidas. Ao que tudo indica, as atuais políticas de manejo das zonas de amortecimento podem ser inadequadas para manter a integridade da paisagem e cumprir seus objetivos de conservação, o que pode ser reflexo de diversos fatores, como a falta de fiscalização efetiva e deficiências no processo de planejamento e demarcação original das ZA. Assim, é importante que se busquem mecanismos mais eficazes para assegurar que essas áreas cumpram sua função protetora, contribuindo efetivamente para a conservação da biodiversidade neste bioma cada vez mais ameaçado.

Uma vez que os resultados confrontam a hipótese inicial de que as ZA apresentariam características mais favoráveis à manutenção de processos ecologicamente sustentáveis, é possível concluir que a existência legal das Zonas de Amortecimento, por si só, não tem garantido sua efetividade como áreas de mitigação de impactos para as UCPI estudadas no Cerrado.

Apesar da contribuição deste trabalho em preencher uma lacuna do conhecimento, ao fornecer uma análise quantitativa da estrutura da paisagem em ZA de unidades de conservação de proteção integral do Cerrado, é preciso reconhecer que se faz necessário explorar as possibilidades de análise ao melhor entendimento dos resultados aqui encontrados. Uma investigação pormenorizada dos planos de manejo, por exemplo, é um caminho possível, talvez necessário. Outra possibilidade seria explorar, com base em dados empíricos de diferentes organismos, o impacto que a configuração da paisagem identificada aqui tem na ecologia de espécies do Cerrado e, mais especificamente, das presentes nas unidades de conservação. Outro exemplo seria buscar entender como fatores socioeconômicos, preferencialmente com método de coleta baseado em entrevista ou questionário que tenham como participantes proprietários de terra onde há baixo percentual de área natural, podem estar atuando como força motriz no arranjo das paisagens das zonas de amortecimento.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, P. R. Origem e Evolução das Unidades de Conservação Brasileiras. In: XIX ENCONTRO NACIONAL DE GEÓGRAFOS. 2018, Paraíba. **Anais** [...]. Paraíba, João Pessoa, 2018. Tema: Pensar e fazer a geografia brasileira no século XXI: Escalas, conflitos socioespaciais e crise estrutural na nova geografia mundial. ISBN: 978-85-99907-08-5.

BARBOSA, A. S.; SCHMITZ, P. I. Ocupação indígena do Cerrado: esboço de uma história. Organizadores: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. **Cerrado: Ecologia e Flora**. Embrapa, Brasília-DF, 2008.

BRANDÃO, M. L. S. M.; SILVA, F. das C. P.; FORTES, A. C. C.; ALENCAR, G. S.; ROCHA, I. L.; IWATA, B. de F. O papel das zonas de amortecimento na efetividade da proteção ambiental da Floresta Nacional de Palmares, Piauí, Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 31, n. 4, p. 1789-1811, 2021. DOI: 10.5902/1980509848035.

BRASIL. **Decreto nº 4.340/2002**. Regulamenta artigos da Lei no 9.985, de 18 de julho de 2000, que dispõe sobre o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC, e dá outras providências. Brasília, DF, 2002.

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC) e dá outras providências. Brasília, DF, 2000.

CASTRO, E. B. V.; COUTINHO, B. H.; CRUZ, J. C. O.; NUNES, F. S. B.; FREITAS, L. E.; MEIER, G. Ampliando a escala de conservação: Avaliação de áreas potenciais e proposta de ampliação do Parque Nacional da Serra dos Órgãos. **Revista Espaço & Geografia**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 1, p. 115-145, 2008. ISSN: 1516-9375. DOI: 10.26512/2236-56562008e39836.

CUSHMAN, S. A.; MCGARIGAL, K. Landscape Metrics, Scales of Resolution. In: VON GADOW, Klaus; PUKKALA, Timo (ed.). **Designing Green Landscapes**. Managing Forest Ecosystems, v. 15, p. 33-51, 2008. DOI: 10.1007/978-1-4020-6759-4_2.

CNUC/MMA. Cadastro Nacional de Unidades de Conservação/Ministério do Meio Ambiente. **Painel Unidades de Conservação Brasileiras**. Disponível em: <https://cnuc.mma.gov.br/powerbi>. Acesso em: jun. 2024.

DEFRIES, R. S.; FOLEY, J. A.; ASNER, G. P. Land-use choices: balancing human needs and ecosystem function. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 2, n. 5, p. 249-257, 2004. DOI: 10.1890/1540-9295(2004)002[0249:LCBHNA]2.0.CO;2

FAHRIG, L. Effects of Habitat Fragmentation on Biodiversity. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 34, p. 487-515, 2003. DOI: 10.1146/annurev.ecolsys.34.011802.132419.

FISCHER, J.; LINDENMAYER, D. B. Landscape modification and habitat fragmentation: a synthesis. **Global Ecology and Biogeography**, v. 16, p. 265-280, 2007. DOI: 10.1111/j.1466-8238.2007.00287.x.

FOLEY J. A.; DEFRIES, R.; ASNER, G. P.; Barford, C.; BONAN, G.; CARPENTER, S. R.; CHAPIN, F. S.; COE, M. T.; DAILY, G. C.; GIBBS, H. K.; HELKOWSKI, J. H.; HOLLOWAY, T.; HOWARD, E. A.; KUCHARIK, C. J.; MONFREDA, C.; PATZ, J. A.; PRENTICE, I. C.; RAMANKUTTY, N.; SNYDER, P. K. Global consequences of land use. **Science**, v. 309, Edição 5734, p. 570-574. DOI: 10.1126/science.1111772, 2005.

FORMAN, R.T. T.; GODRON, M. **Landscape ecology**, John Wiley & Sons, New York, USA, 1986. ISBN: 978-0-471-87037-1

FREITAS, L. C. S.; CAVALCANTI, L. C. S.; NETO, J. J. F. Diagnóstico Geoambiental das Unidades de Conservação (UCs) da Ararinha Azul “*Cyanopsitta spixii*”, Bahia. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v.17, n.05, p.3416-3449, 2024. DOI: 10.26848/rbgf.v17.5.p3416-3449

GASTON, K. J.; JACKSON, S.; CANTÚ-SALAZAR, L.; CRUZ-PIÑÓN, G. The Ecological Performance of Protected Areas. **Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics**, v. 39, p. 93-113, 2008. DOI: 10.1146/annurev.ecolsys.39.110707.173529.

GÖKYER, E. Understanding Landscape Structure Using Landscape Metrics. **Advances in Landscape Architecture**, Cap. 25, p. 663-676, 2013. DOI: 10.5772/55758.

GULEV, S. K.; THORNE, P. W.; AHN, J.; DENTENER, F. J.; DOMINGUES, C. M.; GERLAND, S.; GONG, D.; KAUFMAN, D. S.; NNAMCHI, H. C.; QUAAS, J.; RIVERA, J. A.; SATHYENDRANATH, S.; SMITH, S. L.; TREWIN, B.; SCHUCKMANN, K. von; VOSE, R. S. Changing State of the Climate System. **Climate Change 2021: The Physical Science Basis**. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, USA, p. 287-422, 2023. DOI:10.1017/9781009157896.004.

HADDAD, N. M.; BRUDVIG, L. A.; CLOBERT, J.; DAVIES, K. F.; GONZALEZ, A.; HOLT, R.D.; LOVEJOY, T. E.; SEXTON, J. O.; AUSTIN, M. P.; COLLINS, C. D.; COOK, W. M.; DAMSCHEN,

E. I.; EWERS, R. M.; FOSTER, B. L.; JENKINS, C. N.; KING, A. J.; LAURANCE, W. F.; LEVEY, D. J.; MARGULES, C. R.; MELBOURNE, B. A.; NICHOLLS, A. O.; ORROCK, J. L.; SONG, D.; TOWNSHEND, J. R. Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems. **Science Advances**, v. 1, 2015. DOI: 10.1126/sciadv.1500052.

HESSELBARTH, M. H. K.; SCIAINI, M.; WITH, K. A.; WIEGAND, K.; NOWOSAD, J. Landscape metrics: an open-source R tool to calculate landscape metrics. **Ecography**, v.42, p.1648-1657, 2019. DOI:10.1111/ecog.04617

ICMBio. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Roteiro metodológico para elaboração e revisão de planos de manejo das unidades de conservação federais**. Organizadores: Ana Rafaela D'Amico, Erica de Oliveira Coutinho e Luiz Felipe Pimenta de Moraes. Brasília, p. 1-212, 2018. ISBN 978-65-5024-002-8

ICMBio. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Unidades de Conservação Federais - por categoria**. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/unidades-de-conservacao>. Acessado em: jul 2024.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. Conservação do Cerrado brasileiro. **Biologia de Conservação**, v. 19, n. 3, 2005. Departamento de Ecologia, Instituto de Biologia, Universidade de Brasília (UnB)

LAURANCE, W. F.; LOVEJOY, T. E.; VASCONCELOS, H. L.; BRUNA, E. M.; DIDHAM, R. K., STOUFFER, P. C.; GASCON, C.; BIERREGAARD, R.O.; LAURANCE, S.G.; SAMPAIO, E. Ecosystem Decay of Amazonian Forest Fragments: a 22-Year Investigation. **Conservation Biology**, v. 16, p. 605-618, 2002. DOI: 10.1046/j.1523-1739.2002.01025.x.

MAPBIOMAS. RAD 2023: Matopiba passa a Amazônia e assume a liderança do desmatamento no Brasil. 2024. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/2024/05/28/matopiba-passa-a-amazonia-e-assume-a-lideranca-do-desmatamento-no-brasil/>. Acesso em: out. 2025.

MARCHESE, C. Biodiversity hotspots: A shortcut for a more complicated concept. **Global Ecology and Conservation**, v.3, p. 297–309, 2015.

MCGARICAL, K. **Fragstats help**. University of Massachusetts, Amherst, MA, USA, 2015.

MCGARICAL, K. Landscape Pattern Metrics. **Encyclopedia of Environmetrics**. 2013. DOI:10.1002/9780470057339.val006.

MCGARICAL, K.; MARKS, B. J. **Fragstats**: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. General Technical Report. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station, 1995. DOI: 10.2737/PNW-GTR-351

MCGARICAL, K.; CUSHMAN, A. S.; NEEL, M. C.; ENE, E. **Fragstats**: Spatial pattern analysis program for categorical maps. University of Massachusetts, Amherst, 2002.

MEDEIROS, R. Evolução das tipologias e categorias de áreas protegidas no Brasil. **Ambiente & Sociedade**, v. 9, n. 1, p. 41-64, 2006. DOI: 10.1590/S1414-753X2006000100003.

MEDEIROS, R.; YOUNG, C.E.F.; PAVESE, H. B.; ARAÚJO, F. F. S. Unidades de Conservação e sua importância para a conservação da biodiversidade. **Contribuição das Unidades de Conservação para a economia nacional**: Sumário Executivo. Brasília: UNEP-WCMC, 2011.

MENDES, L. J.; ZIEMBOWICZ, M. M.; MILAGRE, J. C.; ROSA, V. G.; PADILHA, D. G. Análise da dinâmica da paisagem de uma unidade de conservação e sua zona de amortecimento no Bioma

Pampa. Anais do 9º Congresso Florestal Brasileiro. 2022.

DOI: <https://doi.org/10.55592/CFB.2022.9638195>

MURCIA, C. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 10, n. 2, p. 58-62, 1995. DOI: 10.1016/S0169-5347(00)88977-6.

OPDAM, P.; WASCHER, D. Climate change meets habitat fragmentation: linking landscape and biogeographical scale levels in research and conservation. **Biological Conservation**, v. 117, n. 3, p. 285-297, ISSN 0006-3207, 2004. DOI: 10.1016/j.biocon.2003.12.008.

PULIDO-CHADID, K.; VIRTANEN, E.; GELDMANN, J. How effective are protected areas for reducing threats to biodiversity? A systematic review protocol. **Environmental Evidence**. 2023. DOI:10.1186/s13750-023-00311-4.

QGIS DEVELOPMENT TEAM. QGIS Geographic Information System. **Open Source Geospatial Foundation Project**, 2023. Disponível em: <http://qgis.osgeo.org>. Acesso em: jun. 2023.

R Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria. 2024. Disponível em: <https://www.R-project.org>. Acesso em: out. 2024

RANIUS, T.; WIDENFALK, L. A.; SEEDRE, M.; LINDMAN, L.; FELTON, A.; HÄMÄLÄINEN, A.; FITYUSHKINA, A.; ÖCKINGER, E. Protected area designation and management in a world of climate change: A review of recommendations. **Ambio**, v. 52, p. 68-80, 2023. DOI:10.1007/s13280-022-01779-z.

RIBEIRO, M. V.; SILVA, T. M.; ASSUNÇÃO, T. T. Uso de sensoriamento remoto para análise da zona de amortecimento em três unidades de conservação de proteção integral no estado de Goiás. **Élisée**, Rev. Geo. UEG – Porangatu, v.6, n.1, p.112-124, 2017

RIGOTTO, R. M.; SANTOS, V. P.; COSTA, A. M. Territórios tradicionais de vida e as zonas de sacrifício do agronegócio no Cerrado. **Saúde Debate**, v. 46, n. especial 2, p. 13 - 27, 2022. DOI: 10.1590/0103-11042022E201

ROCHA, M. I. S.; NASCIMENTO, D. T. F. Distribuição espaço-temporal das queimadas no bioma Cerrado (1999/2018) e sua ocorrência conforme os diferentes tipos de cobertura e uso do solo. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.14, n.03, p. 1220-1235, ISSN:1984-2295, 2021.

SANTOS, S.; CHEREM, L. F. S. Estrutura espacial e temporal das Unidades de Conservação no Cerrado: heterogeneidade combinada em prol da conservação. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 35, 2022. ISSN 1982-4513. DOI: 10.14393/SN-v35-2023-65504.

SOUZA, J. C.; MARTINS, P. T. A.; DRUCIAKI, V. P. Uso e cobertura do solo no Cerrado: panorama do período de 1985 a 2018. **Élisée - Revista de Geografia da UEG**, v. 9, n. 2, jul./dez. 2020.

SOUZA JR, C. M.; SHIMBO, J. Z.; ROSA, M. R.; PARENTE, L. L.; ALENCAR, A. A.; RUDORFF, B. F. T.; HASENACK, H.; MATSUMOTO, M.; FERREIRA, L. G.; SOUZA-FILHO, P. W. M.; OLIVEIRA, S. W.; ROCHA, W. F.; FONSECA, A. V.; MARQUES, C. B.; DINIZ, C. G.; COSTA, D.; MONTEIRO, D.; ROSA, E. R.; VÉLEZ-MARTIN, E.; WEBER, E. J.; LENTIL, F. E. B.; PATERNOST, F. F.; PAREYN, F. G. C.; SIQUEIRA, J. V.; VIERA, J. L.; NETO, L.C. F.; SARAIVA, M. M.; SALES, M. H.; SALGADO, M.P. G.; VASCONCELOS, R.; GALANO, S.; MESQUITA, V. V.; AZEVEDO, T. Reconstructing

three decades of land use and land cover changes in Brazilian biomes with Landsat archive and earth engine. **Remote Sensing**. 2020. DOI: 10.3390/rs12172735

THE JAMOVİ PROJECT. **Jamovi**. Version 2.6. 2024. Disponível em: <https://www.jamovi.org>. Acesso em: fev. 2025

TORQUATO, E. S. **Análise da estrutura da paisagem no entorno de unidades de conservação de Cerrado sem zona de amortecimento**. 2024. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais do Cerrado - Renac) - Universidade Estadual de Goiás, 2024.

TURNER, M. G. Landscape ecology: The effect of pattern on process. **Annual Review of Ecology, and Systematics**, v. 20, p. 171-197, 1989. DOI: 10.1146/annurev.es.20.110189.001131.

TURNER, M. G.; GARDNER, R.H.; O'NEILL, R.V. Introduction to Landscape Ecology. In: OLIVEIRA, R. C (Org). **Landscape Ecology in Theory and Practice: Pattern and Process**, p.1-23, USA, 2001. DOI 10.1007/978-1-4939-2794-4.

WU, J. Effects of changing scale on landscape pattern analysis: scaling relations. **Landscape Ecology**, v.19, p. 125-138, 2004. DOI: 10.1023/B:LAND.0000021711.40074.ae