

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

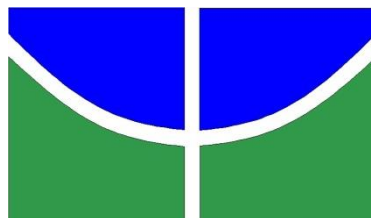
**Revisão sistemática de estudos voltados à seleção de áreas prioritárias para
conservação no Cerrado**

Leonardo Cavalcante da Silva

Brasília, 07 de julho de 2025

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE TECNOLOGIA



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

REVISÃO SISTEMÁTICA DE ESTUDOS VOLTADOS À SELEÇÃO DE ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA CONSERVAÇÃO NO CERRADO

Leonardo Cavalcante da Silva

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação
apresentado ao Departamento de Engenharia
Florestal da Universidade de Brasília como parte
das exigências para obtenção do título de Bacharel
em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Job Biali

Brasília-DF, 07 de julho de 2025

ANEXO LEONARDO CAVALCANTE DA SILVA**Universidade de Brasília - UnB****Faculdade de Tecnologia - FT****Departamento de Engenharia Florestal - EFL****REVISÃO SISTEMÁTICA DE ESTUDOS VOLTADOS À SELEÇÃO DE ÁREAS
PRIORITÁRIAS PARA CONSERVAÇÃO NO CERRADO**

Estudante: Leonardo Cavalcante da Silva

Matrícula: 19/0046899

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Job Biali

Menção: SS

Prof. Dr. Leonardo Job Biali

Universidade de Brasília - UnB

Departamento de Engenharia Florestal

Orientador (EFL)

Prof. Dr. Mauro Eloi Nappo

Universidade de Brasília - UnB

Departamento de Engenharia Florestal

Membro da Banca

Prof. Dr. Ricardo Tezini Minoti

Universidade de Brasília - UnB

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental

Membro da Banca

Brasília, 07 de julho de 2025



Documento assinado eletronicamente por **Leonardo Job Biali, Professor(a) de Magistério Superior da Faculdade de Tecnologia**, em 14/07/2025, às 15:25, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento na Instrução da Reitoria 0003/2016 da Universidade de Brasília.



Documento assinado eletronicamente por **Mauro Eloi Nappo, Professor(a) de Magistério Superior da Faculdade de Tecnologia**, em 14/07/2025, às 15:33, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento na Instrução da Reitoria 0003/2016 da Universidade de Brasília.



Documento assinado eletronicamente por **Ricardo Tezini Minoti, Professor(a) de Magistério Superior da Faculdade de Tecnologia**, em 14/07/2025, às 19:14, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento na Instrução da Reitoria 0003/2016 da Universidade de Brasília.

FICHA CATALOGRÁFICA

SILVA, LEONARDO CAVALCANTE DA

REVISÃO SISTEMÁTICA DE ESTUDOS VOLTADOS À SELEÇÃO DE ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA CONSERVAÇÃO NO CERRADO.

67 p., 210 x 297mm (EFL/FT/UnB, Engenheiro, Engenharia Florestal, 2025).

Trabalho de conclusão de curso - Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia.

Departamento de Engenharia Florestal

1. Fragmentação de habitat

2. Mapeamento de biodiversidade

3. Modelagem preditiva

4. Planejamento da conservação

I. EFL/FT/UnB

II. Título (série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SILVA, L. C. da (2025). **REVISÃO SISTEMÁTICA DE ESTUDOS VOLTADOS À SELEÇÃO DE ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA CONSERVAÇÃO NO CERRADO.** Trabalho de conclusão de curso, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 67 p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Leonardo Cavalcante da Silva

TÍTULO: *Revisão sistemática de estudos voltados à seleção de áreas prioritárias para conservação no Cerrado.*

GRAU: Engenheiro Florestal

ANO: 2025

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias deste Projeto Final de Graduação e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste Projeto Final de Graduação pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

Leonardo Cavalcante da Silva

leonardocavsil@gmail.com

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, sou grato pela minha família, que me apoiou durante toda a graduação e possibilitou que eu chegasse até aqui. Agradeço especialmente à minha mãe, que me incentivou desde sempre a prosseguir na minha formação e que, incondicionalmente, está presente comigo em todos esses momentos.

Agradeço também por todos os amigos que fiz ao longo desse processo, que tornaram essa experiência algo muito melhor do que eu poderia imaginar e que viraram pessoas que levarei para a minha vida.

Também agradeço ao professor Leonardo pela paciência e compreensão na orientação do trabalho.

RESUMO

Silva, Leonardo Cavalcante da (SILVA, L. C. da) **REVISÃO SISTEMÁTICA DE ESTUDOS VOLTADOS À SELEÇÃO DE ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA CONSERVAÇÃO NO CERRADO**. Monografia (Bacharelado em Engenharia Florestal) – Universidade de Brasília, Brasília, DF.

O Cerrado detém grande relevância ecológica e hídrica, no entanto, a constante conversão da sua vegetação nativa para usos antrópicos o classifica como um *hotspot* da biodiversidade e coloca a conservação do bioma em evidência. Neste aspecto, a priorização espacial de áreas representativas atua como uma importante etapa do processo da conservação, que garante a indicação de áreas a serem conservadas com objetividade e máxima representação da biodiversidade. Para isso, foi realizada uma revisão sistemática com busca de artigos nas bases científicas Capes, Scielo e Scopus com o objetivo de identificar estudos que aplicaram metodologias no Cerrado de priorização de área para conservação através de análises espaciais. Foi constatada a aplicação de metodologias de priorização para diferentes escalas, com utilização de dados de uso e ocupação do solo, analisados através de métricas da paisagem, bem como de espécies de vertebrados e plantas vasculares empregadas como grupos indicadores, analisados por meio de algoritmos de otimização. A localização das áreas prioritárias para conservação indicadas pelos estudos variou de acordo com os atributos da biodiversidade ou serviços ecossistêmicos considerados. Apesar disso, foram indicadas áreas presentes, majoritariamente, na porção central e norte do bioma, sugerindo-se a criação e expansão das áreas de Unidades de Conservação nessa região, enquanto as ações de restauração ecológica deveriam ser implementadas na porção sul, fortemente impactada e fragmentada.

Palavras-chave: Fragmentação de habitat; Mapeamento de biodiversidade; Modelagem preditiva; Planejamento da conservação.

ABSTRACT

Silva, Leonardo Cavalcante da (SILVA, L. C. DA) **SYSTEMATIC REVIEW OF STUDIES FOCUSED ON THE SELECTION OF PRIORITY AREAS FOR CONSERVATION IN THE CERRADO**. Monograph (Forest Engineering Degree) – University of Brasília, Brasília, DF.

The Cerrado holds great ecological and hydrological relevance; however, the constant conversion of its native vegetation for anthropogenic uses classifies it as a biodiversity hotspot and highlights the biome's conservation needs. In this regard, the spatial prioritization of representative areas acts as an important step in the conservation process, ensuring the objective indication of areas to be conserved with maximum biodiversity representation. To achieve this, a systematic review was conducted by searching articles in the Capes, Scielo, and Scopus scientific databases, with the aim of identifying studies that applied methodologies for area prioritization for conservation in the Cerrado through spatial analyses. It was found that prioritization methodologies were applied at different scales, using land use and land cover data analyzed through landscape metrics, as well as vertebrate species and vascular plants used as indicator groups, analyzed by optimization algorithms. The location of priority areas for conservation indicated by the studies varied according to the biodiversity attributes or ecosystem services considered. Despite this, areas predominantly located in the central and northern parts of the biome were suggested, indicating the creation and expansion of Conservation Units in this region, while ecological restoration actions should be implemented in the southern portion, which is heavily impacted and fragmented.

Keywords: Biodiversity mapping; Conservation planning; Habitat fragmentation; Predictive modeling.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. . Mapa das áreas prioritárias para conservação, uso sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade brasileira, para os biomas do Cerrado e Pantanal, elaborado pelo MMA, 2018	19
Figura 2. Fluxograma da metodologia utilizada para o levantamento bibliográfico, seleção dos estudos e análise dos dados.	22
Figura 3 Ano de publicação dos artigos selecionados no estudo agrupados em classes a cada quinquênio.	26
Figura 4 Abrangência das áreas de estudo empregadas pelos estudos na seleção de áreas prioritárias para conservação no bioma Cerrado.	27
Figura 5. Frequência de métodos de seleção utilizados pelas publicações para identificação de áreas prioritárias para conservação no Cerrado.	29
Figura 6. Frequência de Unidades de Planejamento utilizadas pelas publicações para identificação de áreas prioritárias para conservação no Cerrado.	30
Figura 7. Frequência de dados ambientais utilizados pelas publicações para seleção de áreas prioritárias para conservação no Cerrado.	32
Figura 8. Áreas prioritárias para conservação no Cerrado e Região Neotropical definidas através de análise espacial (utilizando dados de vertebrados terrestres, plantas, ecossistemas, grupos ecológicos e serviços ecossistêmicos) indicadas nos estudos selecionados na revisão sistemática.	38
Figura 9. Áreas prioritárias para conservação no Cerrado definidas através de análise espacial (utilizando dados de anfíbios, anuros e répteis) indicadas nos estudos selecionados na revisão sistemática.	39
Figura 10. Áreas prioritárias para conservação no Cerrado definidas através de análise espacial (utilizando dados de mamíferos terrestres, morcegos e da espécie <i>Panthera onca</i>) indicadas nos estudos selecionados na revisão sistemática.....	40
Figura 11. Áreas prioritárias para conservação no Cerrado definidas através de análise espacial (utilizando dados de plantas vasculares) indicadas nos estudos selecionados na revisão sistemática.	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Artigos selecionados nas bases científicas Scielo, Scopus e Capes que estudaram áreas prioritárias para conservação (APC) no bioma Cerrado utilizando ferramentas de seleção espacial, publicados entre os anos de 2010 e 2025.....	24
Tabela 2. Análise de lacunas dos estudos revisados de acordo com o estudo, espécies ou grupos indicadores considerados e descrição do nível de proteção pelas Unidades de Conservação do Cerrado.	43
Tabela 3. Informações dos artigos analisados constando os dados utilizados para a seleção de APC, objetivos da pesquisa, nível de resolução das unidades de planejamento, métodos utilizados para seleção das APC e os programas utilizados para tal, relativos ao bioma Cerrado.	60

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABF	<i>Additive Benefit Function</i>
APC	Áreas Prioritárias para Conservação
AS	<i>Simulated Annealing</i>
CAZ	<i>Core Area Zonation</i>
CONABIO	Comissão Nacional da Biodiversidade
DD	<i>Data Deficient</i>
ICMBio	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
IUCN	<i>International Union for Conservation of Nature</i>
MATOPIBA	Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia
MDE	Modelo de distribuição de espécies
MMA	Ministério do Meio Ambiente e Mudanças Climáticas
NE	<i>Not Evaluated</i>
PADDD	Protected Areas Downgrading, Downsizing, and Degazettement
SIG	Sistemas de Informação Geográfica
UC	Unidade de Conservação
UP	Unidades de Planejamento
WWF	<i>World Wide Fund for Nature</i>
PSA	Pagamento por Serviços Ambientais

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVOS.....	15
2.1	Objetivo geral	15
2.2	Objetivos específicos	15
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
3.1	Critérios para seleção de áreas para conservação	16
3.2	Metodologias e ferramentas para seleção de áreas prioritárias	17
3.2.1	Priorização adotada pela União	18
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	21
4.1	Área de estudo	22
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
5.1	Escala dos Estudos	27
5.2	Softwares e modelagem em cenários futuros.....	28
5.3	Unidades de planejamento	30
5.4	Grupos indicadores	31
5.5	Uso e ocupação do solo.....	33
5.6	Áreas priorizadas pelos estudos.....	34
5.7	Análise de lacunas	42
5.8	Ações de conservação recomendadas	43
6	CONCLUSÕES	47
7	REFERÊNCIAS	48
ANEXO		60

1 INTRODUÇÃO

O Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro, com uma extensão de 2.036.448 km², cerca de 23,3% do território nacional, sendo que, atualmente, apenas 50,9% encontram-se sob a forma de vegetação nativa (Mapbiomas, 2024). O bioma é caracterizado pela riqueza de espécies, heterogeneidade de fisionomias e endemismo, concentrando cerca de um terço da biodiversidade nacional e 5% de toda a flora e fauna mundiais (Abramovay, 1999).

Estima-se que cerca de 320 mil espécies ocorram no Cerrado (Dias *et al.*, 1995). Para grupos taxonômicos de vertebrados, esses valores podem chegar a cerca de: 150 espécies de anfíbios, sendo 45 endêmicas; 120 espécies de répteis, sendo 24 endêmicas; 837 espécies de aves, sendo 29 endêmicas; 161 espécies de mamíferos, sendo 19 endêmicas; perfazendo um total de 1.268 espécies de vertebrados terrestres (sendo 117 endêmicas) (Conservação Internacional, 2000). Para plantas, o número de espécies de indivíduos vasculares presentes no Cerrado é superior ao encontrado em outras regiões do mundo e estima-se que seja cerca de 10 mil espécies (Rondon Neto *et al.*, 2010; Myers *et al.*, 2000). Segundo Myers *et al.* (2000), aproximadamente 44% da flora é endêmica, o que faz do Cerrado a savana tropical mais diversificada do mundo (Klink; Machado, 2005). O bioma, juntamente com a Mata Atlântica, foi classificado como *hotspot* da biodiversidade, termo designado para ecossistemas com grande diversidade de espécies que estão sob forte ameaça de perda dos seus habitats (Myers *et al.*, 2000).

Na extensão do bioma encontram-se as bacias Amazônica/Tocantins, São Francisco e Prata, três das maiores bacias hidrográficas sul-americanas, e também estão localizadas no Cerrado, as nascentes de 6 das 8 grandes bacias hidrográficas brasileiras (Lima e Silva, 2005). Por estar inserido em zonas de planalto, possui áreas de nascentes de rios e de recarga hídrica que contribuem para as bacias hidrográficas brasileiras, no entanto, a conversão dessas áreas de recarga para usos do solo alternativos, juntamente com a impermeabilização em centros urbanos e má gestão do uso hídrico em sistemas de irrigação ameaçam a disponibilidade hídrica brasileira (Lima e Silva, 2005)

Apesar desta grande importância ecológica, 40% do território do bioma já foi convertido em áreas de plantações e pastagens (Sano *et al.*, 2020). Essas áreas colocam o Cerrado como responsável por 45% das áreas de produção agropecuária no país, abrigando cerca de 35% da produção de gado, mais da metade da produção de grãos de soja, milho e cana-de-açúcar, bem como 96% da produção de algodão (CONAB, 2018; IBGE, 2018). Com isso, a taxa de

desmatamento no Cerrado é cerca de 2,5% maior do que na Amazônia, colocando em xeque a integridade do bioma caso ações não sejam tomadas para mudar esse cenário.

O parágrafo 4º do artigo 225 da Constituição Federal Brasileira reconhece como Patrimônio Nacional os biomas: Pantanal, Floresta Amazônica, Mata Atlântica e Serra do Mar, deixando de incluir os demais biomas brasileiros, Caatinga, Pampa e Cerrado. Essa omissão simboliza a maneira como o Cerrado e os demais biomas foram historicamente desvalorizados, tanto pelo Estado quanto pela população, de forma a refletir na conservação do Bioma.

O Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) estabelece uma variedade de categorias de Unidades de Conservação (UC), divididas em 5 categorias de Proteção Integral e 7 de Uso Sustentável (Brasil, 2000). Entretanto, apenas 8,91% da extensão do Cerrado se encontra em Unidades de Conservação, sendo que somente 2,6% são UCs de Proteção Integral (MMA, 2024).

Atualmente, a destruição de habitats e poluição, aliadas à caça predatória ameaçam a biodiversidade do Cerrado e colocam 145 espécies do bioma na categoria vulnerável à extinção (VU); 106 em perigo (EN) e 65 criticamente em perigo (CR) (ICMBIO, 2025). Apesar dos esforços de proteção dessas espécies sob a forma de áreas legalmente protegidas, há estimativas indicando que pelo menos 20% das espécies endêmicas e ameaçadas permanecem fora dos parques e reservas existentes (Machado *et al.*, 2004).

Diante das diversas consequências relacionadas à ocupação do território no Cerrado - como pressão antrópica, a fragmentação da vegetação nativa, a presença de espécies ameaçadas de extinção ou com distribuição restrita (e seus respectivos habitats), a heterogeneidade de ecossistemas e a grande extensão do bioma, a necessidade de mitigar os efeitos das mudanças climáticas e de manter a provisão de serviços ecossistêmicos - torna-se essencial estabelecer prioridades no processo de conservação e na identificação de áreas de maior relevância.

A priorização de áreas para conservação é a primeira etapa na definição de estratégias para mitigar os impactos adversos sofridos pela biodiversidade (Valente; Vettorazzi, 2011; Aronson; Sasha, 2013) e é considerada um passo importante no processo de planejamento da conservação (Knight; Cowling; Campbell, 2006). Geralmente, são definidas como áreas prioritárias aquelas que têm grande riqueza de espécies, concentram grandes níveis de endemismo (Mcbride; Wilson; Bode, 2007) e estão inseridas em ambientes bem conectados e altamente conservados (Naidoo *et al.*, 2006).

Com acesso a informações espaciais e quantitativas, a tomada de decisões quanto ao uso e ocupação do solo passam a considerar áreas com o melhor equilíbrio entre serviços, atividades

econômicas e conservação da biodiversidade (Maes *et al.*, 2012), bem como maximizam as chances da efetividade de ações voltadas à conservação, que necessitam de um planejamento da implementação prática dessas ações (Knight *et al.* 2008).

Com a necessidade de ações imediatas no Cerrado frente às ameaças, desafios e importância do bioma, bem como a impossibilidade de conservação de todas as áreas de relevância (consequência do conflito de interesses e da escassez de recursos voltados para conservação) faz-se necessário o uso de ferramentas que sejam capazes de identificar áreas prioritárias para conservação por meio de metodologias adaptadas ao contexto do bioma, acuradas, e se possível, facilmente aplicáveis.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Levantar e descrever as metodologias que empregaram ferramentas de análises espaciais que foram testadas nos últimos anos para a seleção de áreas prioritárias para conservação no bioma Cerrado.

2.2 Objetivos específicos

Para os estudos que definiram áreas prioritárias para conservação (APC) no bioma Cerrado utilizando ferramentas de seleção espacial, objetiva-se:

- Descrever os principais parâmetros das metodologias utilizadas para seleção espacial das áreas prioritárias para conservação;
- Identificar quais áreas foram apontadas como prioritárias para conservação no Bioma;
- Caracterizar as lacunas na conservação do bioma Cerrado identificadas pelos estudos;
- Sugerir estratégias de conservação para o Cerrado com base na seleção de áreas prioritárias e suas implicações.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Critérios para seleção de áreas para conservação

Historicamente, a seleção de áreas protegidas e unidades de conservação costuma não seguir critérios científicos, estando condicionada geralmente a atividades econômicas e ao oportunismo (Margules e Pressey, 2000). Essa realidade não é diferente para o bioma Cerrado, em que o estabelecimento de unidades de conservação sofre mais influência de critérios políticos e econômicos do que critérios biológicos (Diniz-Filho *et al.*, 2008).

Dentre a grande variedade de critérios científicos utilizados para seleção de áreas prioritárias para conservação, Margules & Usher (1981) identificaram aqueles utilizados com maior frequência: diversidade, seja ela de espécies, habitats ou comunidades, frequentemente associada à riqueza de espécies; raridade, representando espécies ou comunidades que detêm requisitos específicos de atributos ecológicos e as áreas que os contêm, além de estarem mais propensas a efeitos antrópicos no ambiente; a naturalidade ou nível de conservação, que remete a ideia de paisagens sob influência mínima de impactos antrópicos; espécie-área, referente à relação entre o número de espécies encontradas aumentar conforme a área aumenta até um ponto em que começa a decair; e nível de interferência humana, que apesar de não ser exatamente um critério ecológico, denota um importante aspecto da conservação frente à conversão de paisagens naturais para outros usos e varia através do tempo e local analisados. Além desses, também podem ser considerados o valor educacional e científico das áreas, a fragilidade, representatividade, disponibilidade e singularidade.

Outros estudos definem como o critério mais importante a representação máxima de biodiversidade dentro de um cenário com menor custo possível, já que não há recursos ou tempo suficientes para a salvaguarda de cada espécie por vez, sendo necessário maximizar os investimentos voltados à conservação (Pressey *et al.*, 1996; Margules & Pressey, 2000).

Com o constante processo de fragmentação sofrido pelas áreas naturais, conservacionistas passaram a entender esse mosaico de paisagens como um conjunto de ilhas, se comportando de forma insular, conforme a teoria da biogeografia insular de Macarthur e Wilson (1967). Assim, unindo as áreas da biogeografia e da biologia da conservação, uma nova terceira área emergiu, a biogeografia da conservação, proposta por Whittaker *et al.* (2005).

3.2 Metodologias e ferramentas para seleção de áreas prioritárias

O avanço tecnológico no campo dos sistemas de informação geográfica possibilitou a manipulação simultânea de vários conjuntos de dados e de modelos que acompanham mudanças ambientais relacionadas entre si no tempo e espaço (Rosa, 1992). Concomitantemente, técnicas e ferramentas para a seleção de áreas para conservação também se desenvolveram, consistindo de softwares e algoritmos iterativos baseados em complementaridade que dão soluções quase-ótimas de acordo com as restrições estabelecidas no processo (Loyola e Lewinsohn, 2009).

Os algoritmos de priorização na conservação se dividem, de forma geral, em heurísticos e meta-heurísticos. O primeiro busca a representação de espécies baseada em satisfazer metas de conservação determinadas previamente, preconizando a complementaridade através da escolha de maior diversidade beta dentro de um conjunto de áreas mínimo (Pressey *et al.*, 1996), ou seja, uma vez selecionada a área com maior riqueza de espécies, a próxima área deverá conter o maior número de espécies não presentes na primeira área escolhida e assim por diante. Além disso, a análise resulta em uma única solução ideal, isso é, caso a análise seja refeita, retornará sempre o mesmo conjunto de áreas (Loyola & Lewinsohn, 2009). Já os meta-heurísticos são algoritmos que não geram uma única solução ótima, mas sim várias simulações sobrepostas que geram uma solução através do consenso na seleção espacial das simulações, ou seja, resultam em áreas diferentes a cada análise refeita, preconizando encontrar uma solução ótima (ou perto disso) (Sarkar *et al.*, 2006; Smith *et al.*, 2006; Vanderkam *et al.*, 2007).

Algoritmos meta-heurísticos como *Simulated Annealing* podem ser aplicados em softwares como *Marxan*, funcionando com o emprego de uma função objetiva que penaliza redes de áreas prioritárias que tenham um alto custo de implantação ou uma baixa conectividade no processo de representação de atributos para a conservação na paisagem (Ardrón *et al.*, 2010). *Zonation* também é um software que funciona com algoritmos meta-heurísticos, através da classificação das células na área com base na sua prioridade para conservação, e posterior remoção das células com menor valor, seguindo preceitos de complementaridade e insubstituibilidade até gerar uma rede ótima de áreas (Moilanen, 2007).

A disponibilidade de dados constitui um requisito indispensável para que os algoritmos supracitados possam ser aplicados e as áreas devidamente priorizadas, sobretudo informações acerca das áreas de ocorrência das espécies. No entanto, nem sempre a distribuição das espécies é totalmente conhecida, situação denominada como déficit Wallaceano (*Wallacean Shortfall*) (Bini *et al.* 2006; Diniz -Filho *et al.* 2010). Para contornar essa lacuna de informações, Modelos

de Distribuição de Espécies (MDE) são usados, garantindo a aplicação de estratégias de conservação de maneira eficaz (Raxworthy *et al.* 2003; Platts *et al.* 2010; Razgour *et al.* 2011).

Os MDE funcionam através da análise dos dados de ocorrência de determinada espécie e coleta das variáveis ambientais (temperatura média, umidade, tipo de solo) desses locais, com posterior processamento desses dados em algoritmos que farão a modelagem com base na correlação entre as variáveis e os pontos de ocorrência das espécies. Assim, o modelo extrapola para as demais áreas que contenham características semelhantes, indicando áreas de potencial ocorrência para a espécie considerada. Dentre os modelos recomendados, estão *BIOCLIM* e *Domain*, modelos de “perfil ambiental” (nicho ecológico), e os modelos *Maximum Entropy* (*MaxEnt*) e *Support Vector Machine* (*SVM*), que são modelos de *machine-learning*, sendo que, o primeiro tipo necessita somente dos dados de ocorrência de determinada espécie, enquanto o segundo necessita também de dados das variáveis ambientais dos pontos de ocorrência (Hijmans e Elith, 2019).

O Planejamento Sistemático da Conservação (PSC), proposto por Margules e Pressey (2000), consiste em uma metodologia de seleção de áreas para conservação que segue uma série de etapas, utilizando inclusive modelagens matemáticas e técnicas de geoprocessamento para a proteção de elementos da biodiversidade. Ela segue uma série de princípios que guiam o processo de seleção de áreas importantes para conservação, sendo eles: representatividade, funcionalidade, eficiência, complementaridade, flexibilidade e insubstituibilidade.

O PSC propõe e descreve seis etapas nesse processo: reunir os dados referentes à biodiversidade da área; delinear metas de conservação; avaliar as áreas destinadas à conservação já estabelecidas; seleção de áreas para conservação adicionalmente às citadas previamente; estabelecer ações de conservação; manter o quantitativo necessário das áreas de conservação. Essa série de etapas, segundo os autores, não configuram uma sequência necessariamente unidirecional, podendo ser revisada em qualquer ponto conforme o andamento do processo, além de ter aplicabilidade não só na delimitação de reservas e Unidades de Conservação, mas também em outros problemas com ocorrência em áreas fora desses ambientes.

3.2.1 Priorização adotada pela União

As diretrizes para identificação de Áreas Prioritárias para a Conservação (APC) no Brasil foram, inicialmente, estabelecidas pelo Decreto nº 5.092 de 21 de maio de 2004 e tiveram

suas áreas reconhecidas pela Portaria Ministério do Meio Ambiente nº 126 de 27/05/2004 (revogada posteriormente pela Portaria MMA nº 9 de 23/01/2007). Instrumentos esses que determinaram os procedimentos para a identificação de áreas prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade no país e reconheceram essas áreas como prioritárias (Brasil, 2004; MMA, 2007).

A metodologia para identificação de APC foi atualizada e passou a utilizar novas regras estabelecidas pela Comissão Nacional da Biodiversidade (CONABIO), empregando o PSC, com a classificação das áreas prioritárias com base nos fatores de importância biológica e urgência de ação, e sobretudo, com a indicação de ações de conservação em cada uma dessas áreas (Figura 1). Esse procedimento é realizado periodicamente (com atualizações da metodologia e das áreas indicadas) e separadamente para cada bioma brasileiro, contando também com os ecossistemas aquáticos da zona costeira (Brasil, 2005).

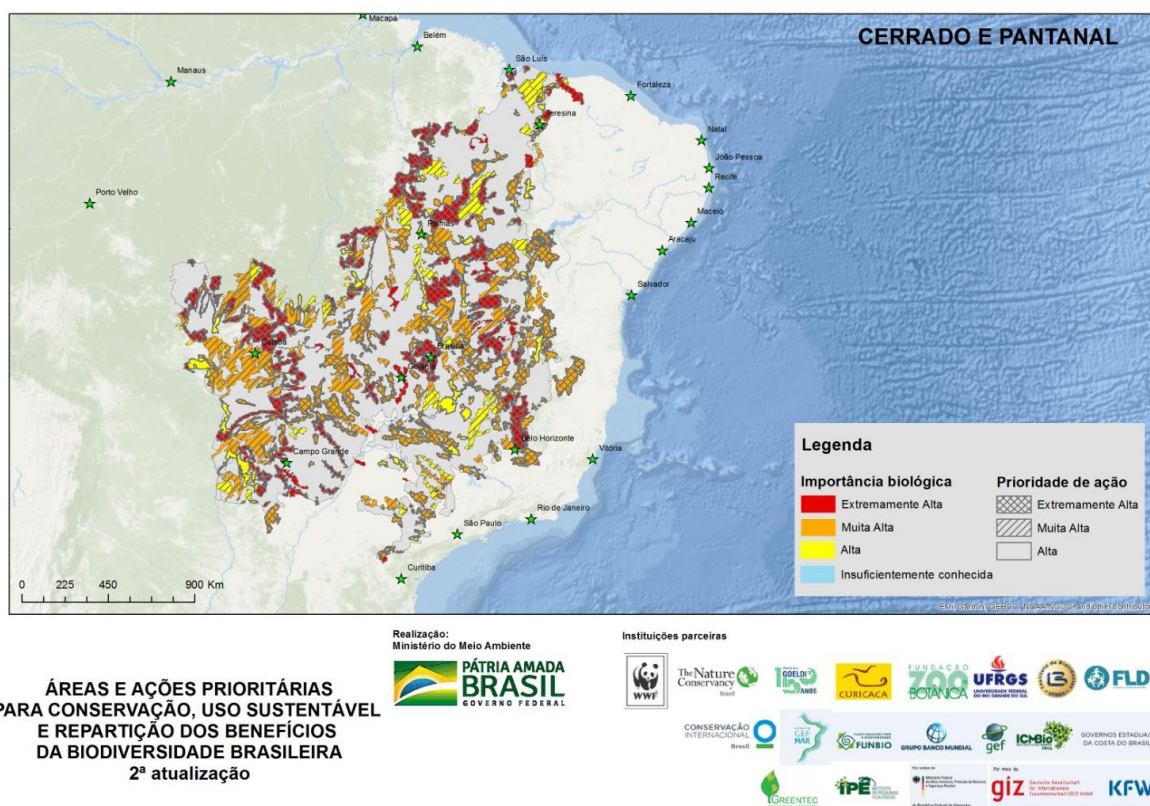


Figura 1. Mapa das áreas prioritárias para conservação, uso sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade brasileira, para os biomas do Cerrado e Pantanal, elaborado pelo MMA, 2018

A segunda atualização das Áreas Prioritárias para a Conservação, Utilização Sustentável e Repartição dos Benefícios da Biodiversidade Brasileira ocorreu em 2018 e foi reconhecida

pela Portaria Ministerial nº 463, de 18 de dezembro de 2018 (Brasil, 2018). Na Figura 1 está exemplificada a indicação das APC definidas pelo MMA para os biomas do Cerrado e do Pantanal, que são analisados em conjunto em razão da similaridade hídrica, com conectividade hídrica entre os biomas, e ecológica, com o compartilhamento de espécies, explicitando a importância de ações voltadas à conservação que considerem os dois biomas de forma conjunta.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Por meio de protocolos de consultas orientadas por palavras-chave, buscou-se artigos em três bases científicas, com a intenção de levantar metodologias de análises espaciais para identificação de áreas prioritárias para conservação no Cerrado. O presente trabalho se baseou na metodologia adotada por D'Arrigo *et al.* (2020) que trabalharam com a revisão de estudos voltados à priorização espacial de áreas para conservação que utilizaram o Planejamento Sistemático da Conservação (PSC) de Margules e Pressey (2000) aplicados na Mata Atlântica Brasileira. No entanto, algumas alterações foram feitas na metodologia para adequá-la para este trabalho, como ampliar a busca para demais metodologias além do PSC, bem como a busca se restringiu a artigos de periódicos, enquanto a realizada por D'Arrigo *et al.* (2020) também incluiu estudos realizados por entidades governamentais e organizações não governamentais.

A pesquisa bibliográfica foi realizada utilizando as bases de artigos científicos: Capes, Scopus e Scielo. Em cada uma delas, as seguintes palavras-chave foram empregadas no campo de busca: "Cerrado" AND "*conservation biology*" OR "*biodiversity conservation*" OR "*systematic conservation planning*" OR "*spatial conservation prioritization*" OR "*conservation prioritization*" OR "*priority areas*". Foram levantados estudos a partir do ano de 2010 até abril de 2025 (Figura 2).

A partir da base de artigos resultantes da pesquisa, realizou-se uma filtragem, analisando-se os resumos e a leitura dos textos integralmente, quando necessário, a fim de selecionar aqueles que se alinhavam com o objetivo da revisão. A metodologia se restringiu somente a estudos que explicitamente delinearão áreas prioritárias para conservação (APC) na região do Cerrado utilizando ferramentas de seleção espacial, sendo que o sentido de prioridade adotado na presente pesquisa inclui áreas com grande endemismo e riqueza de espécies, ou áreas que por alguma razão deveriam ser conservadas em razão da sua relevância para manutenção de serviços, restauração ecológica, proteção de uma ou mais espécies ameaçadas de extinção ou conservação de forma geral.

O estudo restringiu a inclusão de artigos na revisão apenas a pesquisas que tivessem suas áreas de estudo nos limites geográficos do bioma Cerrado ou que incluíssem o bioma como objeto de análise, contudo, também foram considerados estudos realizados em áreas de ecótonos do Cerrado com outros biomas, isto é, zonas de transição com características de ambos os biomas.

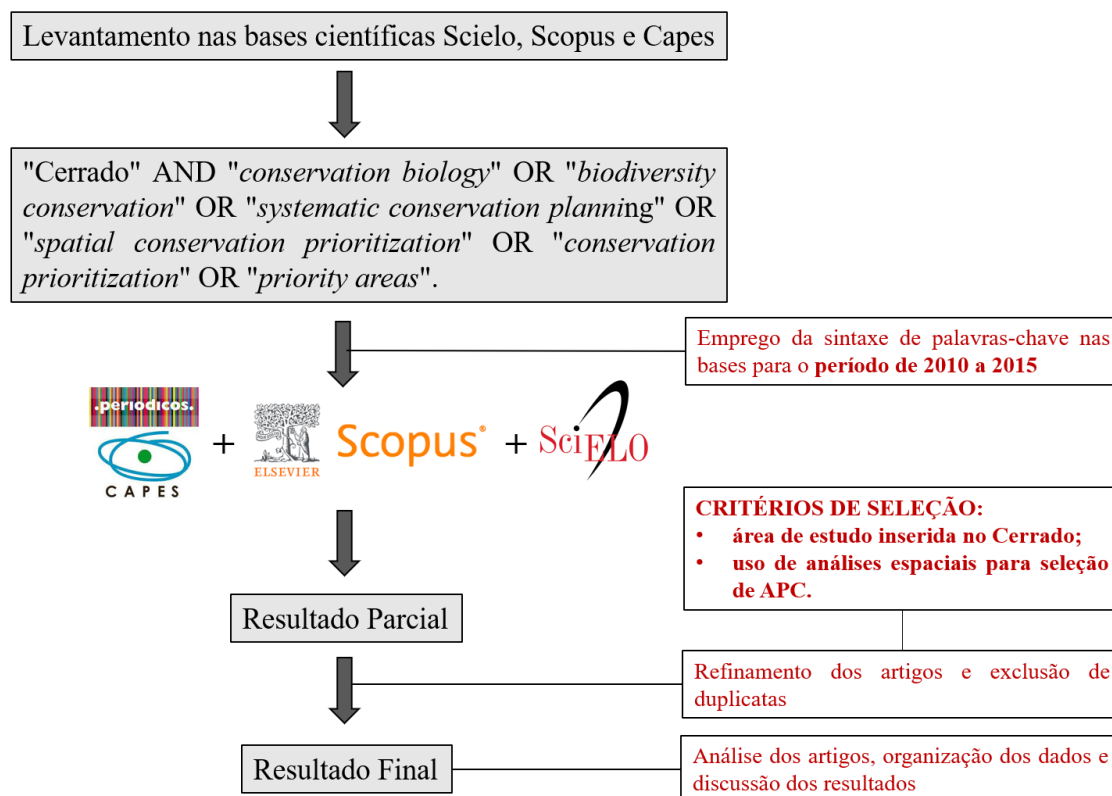


Figura 2. Fluxograma da metodologia utilizada para o levantamento bibliográfico, seleção dos estudos e análise dos dados.

4.1 Área de estudo

O Cerrado é um bioma com localização majoritária na região do Planalto Central do Brasil, ocorrendo continuamente nos estados de Tocantins, Goiás e Distrito Federal, e em parte dos estados - Maranhão, Ceará, Piauí, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Rondônia, Minas Gerais e São Paulo (Ribeiro e Walter, 2008). O clima predominante no bioma é do tipo Aw (clima tropical de savana e inverno seco) segundo a classificação de Köppen (Alvares *et al.*, 2013), com alternância entre um período chuvoso, que ocorre de outubro a março, e período seco, de abril a setembro, com temperaturas que variam entre 22 °C na parte sul e 30 °C na parte norte (INMET, 2022). Seu relevo é caracterizado por ser bastante plano ou suavemente ondulado, ocorrendo sobre grandes planaltos ou chapadões. A precipitação média anual é de 1.486 mm, segundo uma média histórica realizada entre 1977 e 2010, com a região central do Cerrado concentrando valores médios (1.442 mm a 1.780 mm), valores abaixo da média na região norte do bioma, na faixa de transição com a Caatinga (764 mm a 1.002 mm) e valores acima da média na zona de transição com a Floresta amazônica (1.709 mm a 2.448 mm) (Campos e Chaves, 2016).

Segundo Ribeiro e Walter (2008), o Bioma também está presente em áreas disjuntas (porções geograficamente isoladas da parte contínua do Cerrado) nos estados do Amapá, Amazonas, Pará, Roraima e Paraná, bem como em áreas fora do Brasil, como na Bolívia e no Paraguai. Ele pode ser categorizado em onze fitofisionomias, segmentadas em formações florestais (Mata de Galeria, Mata Seca, Mata Ciliar e Cerradão), formações savânicas (Cerrado sentido restrito, Palmeiral, Parque Cerrado e Vereda) e campestres (Campo Limpo, Campo Rupestre e Campo Sujo). No entanto, apesar de ampla ocorrência e grande diversidade de fisionomias, quase metade do bioma é ocupado por áreas de uso antrópico, sendo que, a agricultura foi a atividade de uso da terra que mais cresceu proporcionalmente desde 1985 (Mapbiomas, 2024). Essa expansão de áreas agrícolas representa um obstáculo na conservação da biodiversidade, uma vez que ocorre em detrimento e promove a fragmentação da vegetação nativa do Cerrado.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A sintaxe de palavras-chave aplicada nas bases científicas retornou o total de 3.791 artigos. Desse montante, 3.444 foram resultantes da base Scielo, 266 da base Scopus e 81 da base Capes. Após o refinamento, grande parte foi eliminada e 36 trabalhos (31 excluindo as repetições de trabalhos nas diferentes bases) restaram (17 artigos referentes à Capes, 3 à Scielo e 16 à Scopus) (Tabela 1). Os estudos resultantes do refinamento foram analisados mais profundamente e deles foram extraídas informações como: objetivo do artigo; tipos de dados aplicados; métodos e programas empregados; extensão do estudo no bioma e ano de publicação (Anexo 1).

Os 31 artigos foram publicados em 19 periódicos e apenas cinco deles concentram 17 estudos, sendo eles: *Biological Conservation*, *Biodiversity and Conservation*, *Plos One*, *Journal for Nature Conservation* e Revista Brasileira de Geografia Física. Os demais periódicos contam com apenas um artigo cada. A maior parte dos trabalhos (n=20) restringiu o estudo exclusivamente ao bioma Cerrado, com mais cinco abrangendo Cerrado e Mata Atlântica e dois abrangendo Cerrado e Amazônia. Em áreas de ecótonos foram dois estudos, um na zona de transição Cerrado/Mata Atlântica e outro na zona de transição Cerrado/Amazônia. Ainda foram incluídos no refinamento final dois estudos mais abrangentes, que tiveram como área de estudo a região Neotropical, que compreende a América Central, o Caribe e a América do Sul.

Tabela 1 Artigos selecionados nas bases científicas Scielo, Scopus e Capes que estudaram áreas prioritárias para conservação (APC) no bioma Cerrado utilizando ferramentas de seleção espacial, publicados entre os anos de 2010 e 2025.

(continua)

Referência	Ano	Periódico	Bases			Área de estudo
			Scopus	Scielo	Capes	
De Carvalho <i>et al.</i>	2010	Natureza & Conservação			X	Cerrado
Couto, Smith e Teixeira	2011	Mercator			X	Cerrado
Diniz-Filho <i>et al.</i>	2012	Conservation Genetics	X			Cerrado
Faleiro, Machado e Loyola	2013	Biological Conservation			X	Cerrado
Mello, Machado e Nogueira	2015	Plos One			X	Cerrado
Silvano, Valdujo e Colli	2016	Topics in Biodiversity and Conservation			X	Cerrado
Ribeiro <i>et al.</i>	2016	Biological Conservation	X		X	Cerrado
Mello, Toppa e Cardoso-Leite	2016	Cerne			X	Ecótono Cerrado Mata Atlântica

(Conclusão)

Referência	Ano	Periódico	Bases			Área de estudo
			Scopus	SciELO	Capes	
Duarte, Ribeiro e Paglia	2016	Plos One	X		X	Cerrado e Mata Atlântica
De Carvalho <i>et al.</i>	2017	Plos One			X	Cerrado e Amazônia
Jorge <i>et al.</i>	2017	Revista Brasileira de Geografia Física			X	Cerrado e Mata Atlântica
Silva <i>et al.</i>	2018	Biodiversity and Conservation	X			Cerrado
Vasconcelos e Prado	2019	Journal for Nature Conservation	X		X	Cerrado e Mata Atlântica
Resende <i>et al.</i>	2019	Biological Conservation			X	Cerrado
Brum <i>et al.</i>	2019	Biological Conservation			X	Cerrado
Siqueira e Faria	2019	Sociedade & Natureza		X		Cerrado
Portugal <i>et al.</i>	2020	Oryx	X			Cerrado
Monteiro <i>et al.</i>	2020	Biodiversity and Conservation	X			Cerrado
Ballesteros-Mejia, Lima e Collevatti	2020	Biodiversity and Conservation	X			Cerrado
Borges, Fortunato e Loyola	2021	Journal for Nature Conservation	X			Cerrado
Maciel <i>et al.</i>	2021	Acta Oecologica			X	Ecótono Cerrado Amazônia
Santos <i>et al.</i>	2021	International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation	X		X	Cerrado
Schüler e Bustamante	2022	Journal of Applied Ecology		X		Cerrado
Burbaro-Girón <i>et al.</i>	2022	Biological Conservation			X	região Neotropical
Schwaida <i>et al.</i>	2023	Biodiversity and Conservation	X			Cerrado
Velazco <i>et al.</i>	2023	Biological Conservation	X			região Neotropical
Pereira <i>et al.</i>	2023	Biota Neotropica		X		Cerrado e Mata Atlântica
Vieira-Alencar <i>et al.</i>	2023	Perspectives in Ecology and Conservation	X		X	Cerrado
De Carvalho <i>et al.</i>	2024	Environmental Monitoring and Assessment	X			Cerrado e Amazônia
Gonçalves <i>et al.</i>	2024	Revista Brasileira de Geografia Física	X			Cerrado e Mata Atlântica
De Castilho Silva <i>et al.</i>	2024	Folia Geobotanica	X			Cerrado

A frequência de publicações acerca da seleção de áreas prioritárias para conservação no Cerrado demonstra que esta é uma temática que tem despertado interesse crescente por parte dos pesquisadores e, em razão disso, tem aumentado com o passar dos anos. A Figura 3 evidencia um aumento progressivo no número de publicações relacionadas à seleção de áreas

prioritárias para conservação no Cerrado, indicando um interesse crescente da comunidade científica. Entre 2010 e 2014, foram identificados 4 artigos publicados sobre o tema. No quinquênio seguinte (2015–2019), esse número subiu para 12, e no período de 2020 a 2024, já foram registrados 15 artigos. Esse crescimento nos últimos anos mostra que a conservação do Cerrado tem se consolidado como uma pauta que mobiliza cada vez mais pesquisadores e instituições para a conservação do bioma.

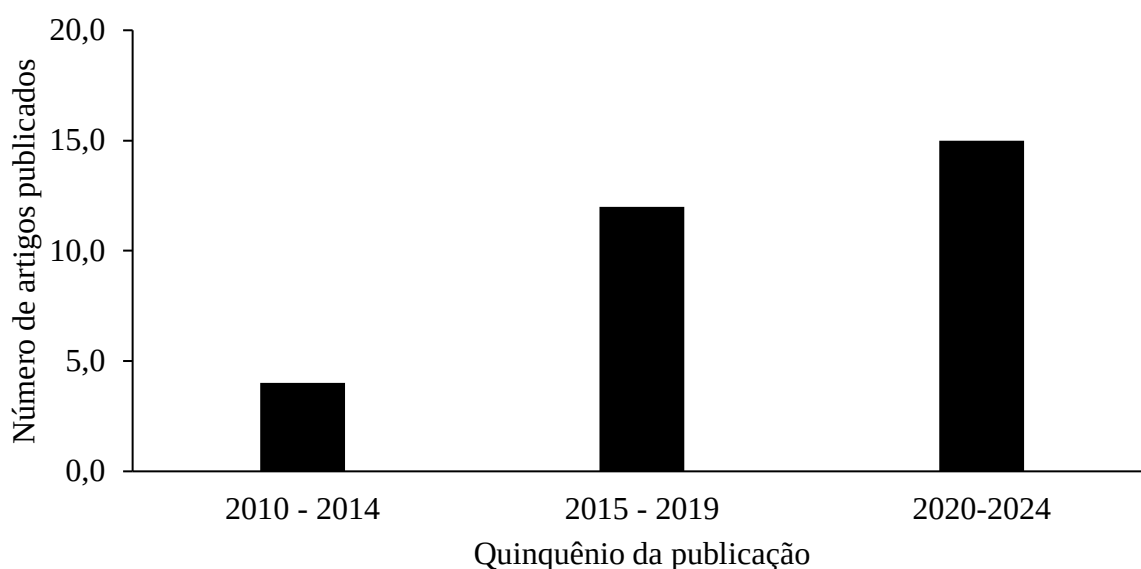


Figura 3 Ano de publicação dos artigos selecionados no estudo agrupados em classes a cada quinquênio.

O conjunto de publicações revisadas apresentou uma grande variedade de dados, metodologias e resultados, inclusive sob diferentes abordagens e áreas de estudo no bioma Cerrado. Grupos indicadores compostos por espécies dos táxons de animais e plantas foram empregados como grupos representantes das demais espécies em algoritmos de otimização, além disso, demais dados ambientais como os de uso e cobertura do solo foram objeto de análise para estudos de fragmentação da paisagem e reconhecimento de fitofisionomias e ecossistemas sensíveis. O processamento desses dados contou com softwares e programas computacionais, em sua maioria, de acesso aberto, que tiveram aplicabilidade tanto em abordagens mais gerais quanto em análises mais específicas no Cerrado.

Os resultados das análises de diferentes grupos ecológicos indicaram uma concentração de APC em áreas com grandes extensões de vegetação nativa no Cerrado em relação às áreas mais fragmentadas, que apesar de altamente impactadas, ainda detém grande importância na conservação.

A revisão também indicou problemas na atual disposição de Unidades de Conservação de Cerrado, bem como destacou o atual padrão de fragmentação do bioma e sua influência na implementação de estratégias de conservação. Estratégias essas que se mostraram cruciais que ocorram tanto dentro de Áreas Protegidas quanto fora delas, uma vez que a influência antrópica pode ser um fator que influencia consideravelmente o processo de seleção de APC e até a eficiência da conservação.

5.1 Escala dos estudos

As escalas das áreas de estudo foram empregadas em diferentes níveis, que consideraram a extensão total do bioma (com seus limites nacionais e internacionais), biomas Neotropicais, áreas de transição entre Cerrado e demais biomas, estados, municípios ou bacias hidrográficas, sendo que, a extensão total do bioma e os níveis estadual e municipal de análise constituíram quase 75% de todas as abordagens, conforme Figura 4.

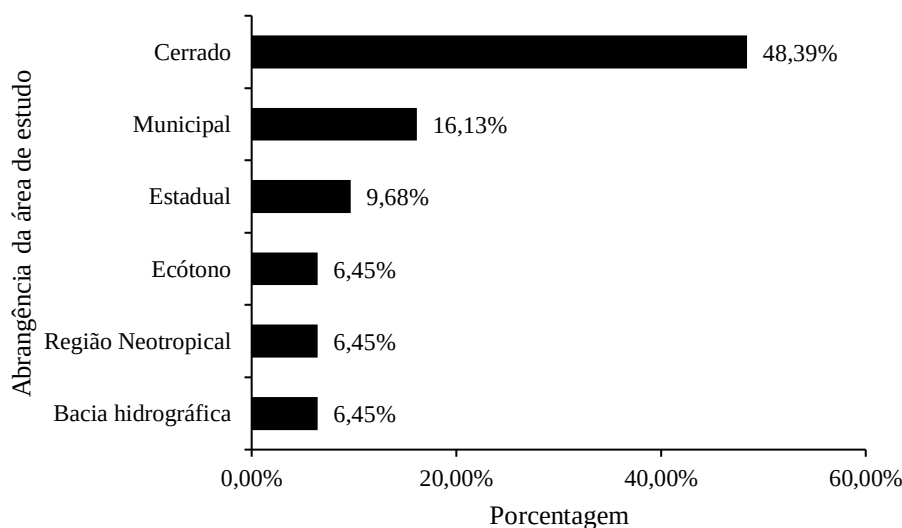


Figura 4 Abrangência das áreas de estudo empregadas pelos estudos na seleção de áreas prioritárias para conservação no bioma Cerrado.

Legenda: “Outros” representam limites específicos, nominalmente o Quadrângulo Ferrífero em MG e a distribuição de *Dipteryx alata* no Cerrado.

Essa variedade de áreas de estudo expôs ainda, uma tendência nas publicações entre três questões de análise principais: a metodologia empregada para a seleção, os dados utilizados e a escala aplicada. Aqueles que levaram em conta a extensão do bioma como um todo aplicaram dados de grupos indicadores, utilizaram ferramentas de otimização e seleção com base na

riqueza de espécies, enquanto as análises de caráter regional geralmente utilizaram dados de uso e ocupação do solo e os analisaram com métricas da paisagem e técnicas de análise multicriterial. Essa última se constitui como uma importante ferramenta de priorização para conservação e para o planejamento territorial em escalas a nível regional e local, podendo ser adotada posteriormente às análises de priorização realizadas a nível nacional (Fonseca; Venticunque, 2018). Assim, com a identificação de APC em menor escala uma nova avaliação com maior nível de detalhamento pode ser realizada nessas áreas (Brooks *et al.*, 2001).

5.2 Softwares e modelagem em cenários futuros

Os programas e softwares utilizados para a seleção de APC se concentraram em softwares de otimização como Zonation (n = 8), Linguagem R e RStudio (n = 10), Marxan (n = 3), bem como em sistemas de informação geográfica (SIG) como QGIS (n = 3) e ArcGIS (n = 3). Também foram utilizadas outras ferramentas de geoprocessamento, modelagem matemática, ou análise estatística, auxiliando no processo de priorização ou sendo diretamente utilizados para tal, sendo eles: Fragstats, IDRISI, InVest, Linguagem C, Conefor, FSTAT e Google Earth Pro. Um importante aspecto a ser destacado é o do uso, pela maioria dos estudos, de softwares e fontes de dados abertos que, aliados a ferramentas de apoio à decisão de fácil manipulação, se tornam acessíveis aos tomadores de decisão (Oakleaf *et al.* 2017).

A seleção de áreas com metodologias que tiveram como critério principal a maior riqueza de espécies por unidade de planejamento representou cerca de um terço das metodologias empregadas, seguido de análises com algoritmos de otimização tradicionalmente utilizados (Figura 5). Métodos de seleção aplicados com o software Zonation representam mais de um quarto do total de métodos observados, como *additive benefit function* (ABF) e *core area zonation* (CAZ). Compreendendo métodos de remoção de unidades de planejamento (células), o primeiro enfatiza células com alta riqueza de espécies, enquanto o segundo atribui maior importância para áreas de alta adequabilidade de espécies raras (distribuição restrita) ou espécies previamente selecionadas (Moilanen *et al.*, 2014).

Como exemplo de análise através de métricas da paisagem, Schwaida *et al.* (2023) consideraram atributos relacionados à densidade, tamanho e número de fragmentos, índices de divisão e agregação, distância até o vizinho mais próximo, com aplicação nos softwares Frogstats e Conefor e posterior análise multicriterial com Combinação Linear Ponderada. De forma semelhante, Jorge *et al.* (2017) também utilizou métricas como índice de forma e índice

médio de forma, área, número e tamanho dos fragmentos, bem como a distância média ao vizinho mais próximo, com base em classes de declividade, a fim de selecionar fragmentos significantes.

Já Mello, Toppa e Cardoso-Leite (2016) desenvolveram um Índice de Prioridade de Conservação Florestal para definir áreas relevantes para conservação em um contexto urbano.

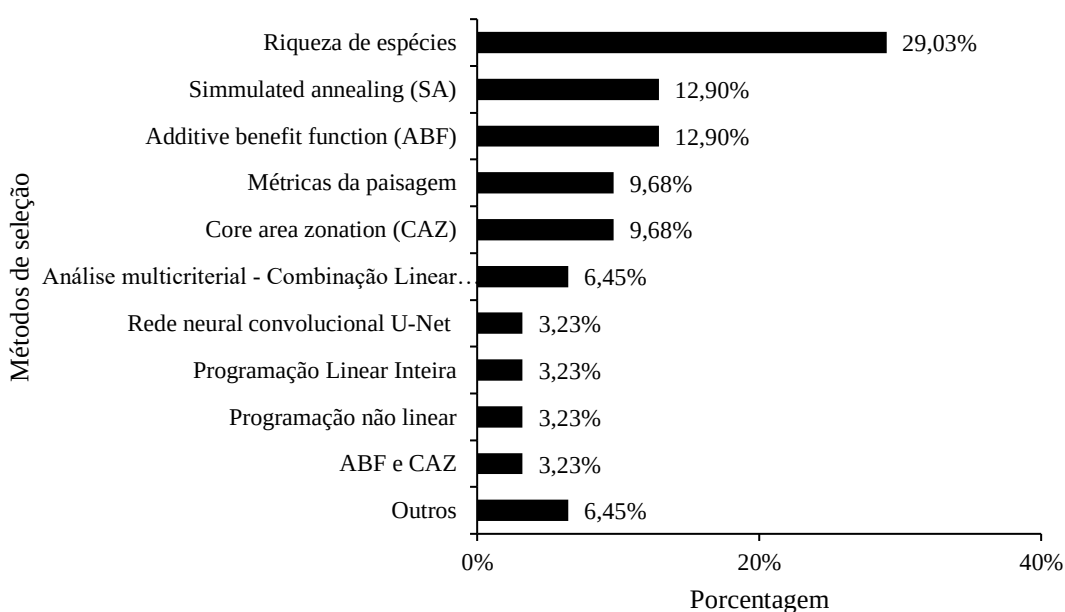


Figura 5. Frequência de métodos de seleção utilizados pelas publicações para identificação de áreas prioritárias para conservação no Cerrado.

Legenda: “outros” representa metodologias que utilizaram demais análises espaciais para a seleção de APC.

Outro ponto em comum entre grande parte dos estudos foi a utilização da modelagem na mudança no uso e cobertura do solo e mudanças climáticas para cenários futuros no Cerrado. Quase um terço dos artigos utilizaram-se de modelos para prever os efeitos dessas duas variáveis na conservação, dentre eles: OTIMIZAGRO, disponibilizado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA); Land Change Modeler – LCM, no software IDRISI; Representative Concentration Pathway (RCP2.6 e RCP8.5) e Modelos de Circulação Oceânica-Atmosférica Globais, disponíveis no portal WorldClim, que também disponibiliza variáveis climáticas usados para a modelagem da distribuição de espécies (MDE) com base em áreas climaticamente viáveis. Além disso, dados da plataforma MapBiomas também foram usados no auxílio e modelagem do uso e cobertura do solo.

5.3 Unidades de planejamento

A definição das unidades de planejamento (UP) é um aspecto fundamental nos estudos de priorização para conservação, pois influencia diretamente nos resultados e a aplicabilidade dos estudos. A resolução espacial, ou as unidades de planejamento (UP), empregada nos trabalhos analisados adotaram diferentes abordagens quanto à resolução espacial (Figura 6), consistindo em sua maioria de grids, células regulares distribuídas pelas áreas de estudo, que variaram de 500 m a 50 Km ou até de 0,01 ° a 5 ° (1° decimal corresponde a 11,111 km). Todavia, também foram observadas publicações que utilizaram unidades de planejamento com formatos irregulares, como limites políticos de municípios (Mello; Toppa; Cardoso-Leite, 2016; Schwaida *et al.*, 2023; Siqueira; Faria, 2019; Jorge *et al.*, 2017), ou geográficos, como os de bacias hidrográficas (Silvano; Valdujo; Colli, 2016; Duarte; Ribeiro; Paglia, 2016; Santos *et al.*, 2021; Couto; Smith; Teixeira, 2011). Dentre as diversas UP utilizadas, os *grids* com resolução de 10 km e os limites de municípios e bacias hidrográficas foram utilizadas com maior frequência.

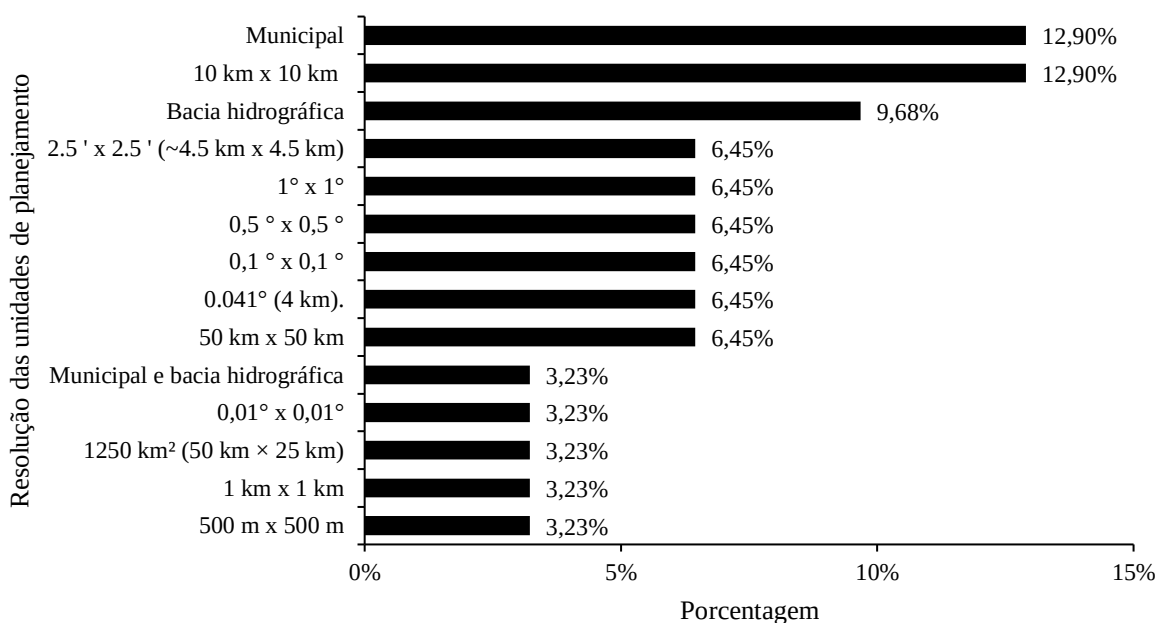


Figura 6. Frequência de Unidades de Planejamento utilizadas pelas publicações para identificação de áreas prioritárias para conservação no Cerrado.

As metodologias que empregaram *grids* como suas unidades de planejamento (UP) adotaram escalas pequenas (alta resolução de dados), no entanto, talvez essa não seja a abordagem mais indicada para todos os casos. Isso porquê, recentemente, vários estudos vêm adotando níveis de escala cada vez menores para caracterização da riqueza de espécies e padrões macro ecológicos, resultando em efeitos indesejados como distorções nos padrões de distribuição e superestimação, além de aumentar o nível de incerteza quando comparado a escalas em níveis maiores (Hulbert & Jetz 2007). Lidando com essa limitação na representação da distribuição das espécies, Faleiro, Machado e Loyola (2013) se propuseram a reduzir a incerteza advinda da modelagem de distribuição de espécies por meio da inclusão de atributos das espécies como a sua capacidade de dispersão e área de vida, fatores esses que influenciaram na seleção de APC.

A adoção de bacias hidrográficas como UP, utilizada por apenas três estudos, (Silvano; Valdujo; Colli, 2016), (Duarte; Ribeiro; Paglia, 2016) e (Couto; Smith; Teixeira, 2011), é uma metodologia interessante, visto que que elas são unidades do território em que os elementos circunscritos a elas estão relacionados entre si pela hidrografia, em que os impactos de uso do solo contribuem de forma única no exutório das bacias hidrográficas, além de ser passível de hierarquização com base no número de cursos d'água ou nascentes (SANTOS, 2004). Esta abordagem pode trazer benefícios metodológicos e práticos para os estudos de priorização da conservação, por facilitar a estratificação e o planejamento em diferentes escalas, do local ao regional. Por ser baseada em limites naturais oferece uma base territorial mais coerente e funcional para a tomada de decisão em conservação, mesmo que tenha sido empregada em poucos dos estudos analisados.

5.4 Grupos indicadores

Quanto aos dados empregados, referentes a biodiversidade, como objetos de estudo nas publicações, observou-se uma ampla utilização de espécies de vertebrados e plantas como grupos indicadores (*surrogate groups*), isto é, espécies bem conhecidas, grupo de espécies ou grupos taxonômicos que servem como substitutas para espécies menos conhecidas (Moreno *et al.*, 2007). Assim, foram empregados dados de distribuição para espécies de: anfíbios (Silvano; Valdujo; Colli, 2016), considerando que alguns focaram somente em anuros (Vasconcelos; Prado, 2019; Ribeiro *et al.*, 2016); répteis (Mello; Machado; Nogueira, 2015); aves (De Carvalho *et al.*, 2017; Borges; Fortunato; Loyola, 2021; De Carvalho *et al.*, 2024); morcegos

(Silva *et al.*, 2018); mamíferos (De Carvalho *et al.*, 2010; Faleiro; Machado; Loyola, 2013); vertebrados terrestres de uma forma geral (Vieira-Alencar *et al.*, 2023); e plantas (Ballesteros-Mejia; Lima; Collevatti, 2020; Monteiro *et al.*, 2020; Velazco *et al.*, 2023), com algumas publicações focando em uma família (Gonçalves *et al.*, 2024) ou em hábitos específicos (De Castilho Silva *et al.*, 2024). Também foram constatados estudos que incluíam dados de espécies de todos os grupos citados previamente (Schüler; Bustamante, 2022) ou com enfoque em uma espécie, como Portugal *et al.* (2020) e Diniz-Filho *et al.* (2012) que utilizaram dados de *Panthera onca* e *Dipteryx alata*, respectivamente.

Grupos indicadores usados nos trabalhos avaliados seguiram o mesmo padrão dos grupos tradicionalmente usados, ou seja, aves, mamíferos e plantas vasculares (Figura 7), decisão essa que faz sentido uma vez que esses são grupos de espécies com grande quantidade de dados disponíveis, sendo suficientes para representar espécies desconhecidas (Moreno *et al.*, 2007). Além disso, análises que empregam dados de mais de um táxon têm mais eficiência na representação da biodiversidade no processo de planejamento da conservação (Bonn; Gaston, 2005).

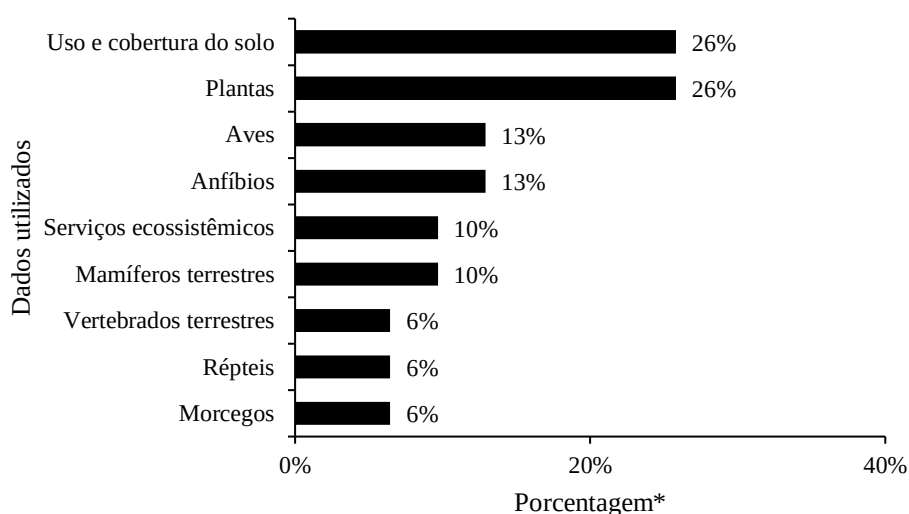


Figura 7. Frequência de dados ambientais utilizados pelas publicações para seleção de áreas prioritárias para conservação no Cerrado.

Legenda: *a soma do percentual excede 100% em razão de alguns estudos utilizarem mais de uma classe de dados para análise.

As aves são um dos táxons que apresentam baixo endemismo no bioma, contudo, cerca de 90% das espécies com ocorrência no Cerrado o utilizam para sua reprodução (Silva, 1995).

Em contrapartida, também se encontram no bioma grupos com grande endemismo, como os anuros, que contam com cerca de 51,7% de suas espécies com ocorrência restrita ao Cerrado (Valdujo *et al.* 2012). De acordo com Ribeiro *et al.* (2016), grande parte das espécies de anfíbios contempladas no estudo descritas como sensíveis ou em declínio estavam listadas como “pouco preocupantes” (*least concern*) ou “dados insuficientes” (*data deficient*) na Lista Vermelha da União Internacional para a Conservação da Natureza, refletindo o desconhecimento acerca de espécies relevantes para a conservação. Ainda, espécies de anfíbios classificadas como DD são mais propensas à extinção quando comparados a outros anfíbios que foram estudados e adequadamente classificados (Howard; Bickford, 2014).

Espécies classificadas como *data deficient* (DD) ou *not evaluated* (NE) representam um obstáculo na avaliação de prioridades para a conservação, dado que, para a grande maioria dos trabalhos aqui analisados, elas foram desconsideradas na modelagem e não foram representadas na seleção de APC do bioma Cerrado. Isso se evidencia na publicação de De Castilho Silva *et al.* (2024), em que 83% das espécies de plantas herbáceas e subarborescentes avaliadas estavam classificadas como NE, sendo que 43% delas são endêmicas do Cerrado. Já no estudo de Vieira-Alencar *et al.* (2023), para as espécies classificadas como DD, os autores optaram pela sua inclusão nas análises através do estabelecimento de pesos para cada uma das espécies de vertebrados estudadas de acordo com a classificação de risco de extinção dada pela IUCN (LC = 1, NT = 2, VU/DD = 3, EN = 4 e CR = 5). Autores como Butchart e Bird (2010) e Moraes *et al.* (2013) reforçaram a importância e urgência de considerar como prioritárias espécies classificadas como *data deficient* pela IUCN.

5.5 Uso e ocupação do solo

Para além da abordagem voltada a informações acerca da ocorrência e representação de espécies, foram aplicados dados de uso e ocupação do solo para análise da paisagem, incluindo remanescentes de vegetação nativa e categorias de uso do solo, presente em um quarto das publicações e sendo a categoria de dados mais utilizada, juntamente com dados de plantas (Figura 7).

As análises de métricas da paisagem e da mudança do uso e cobertura do solo em estudos como em Siqueira e Faria (2019) se mostraram uma importante ferramenta na identificação da fragilidade de certas fitofisionomias do Cerrado expostas à conversão para usos antrópicos. Os autores observaram que para o município goiano de Rio Verde, as formações savânicas foram

as que mais perderam área nativa em relação ao período de 1987 a 2016, além de alta fragmentação das áreas de formações campestres e da perda de áreas da formação Campos de Murundus ou Parques Cerrado. Essas fitofisionomias são caracterizadas por pequenos morros com agrupamentos de árvores, apresentando atributos de formações campestres e savânicas, além de exibirem grande fragilidade ambiental e apresentarem importantes processos ecológicos em razão da saturação hídrica periódica do solo (Ribeiro; Walter, 2008). Ainda, essas formações são prioritárias para a conservação uma vez que são consideradas como Áreas de Preservação Permanente no estado de Goiás e no Distrito Federal (Goiás, 2013; Distrito Federal, 2014).

Para mapeamento dessas áreas no estado de Goiás, Silva *et al.* (2023) utilizaram imagens de satélite em alta resolução aliadas à validação em campo para delinear uma área de 270.883 hectares de Campos de Murundus, correspondente a 0,78% da área do estado. De forma semelhante, Pereira *et al.* (2023) se propuseram a mapear ecossistemas de Canga, também denominados como Campos Rupestres Ferruginosos, na Bacia do Rio Peixe Bravo, através do uso de algoritmos que aplicaram redes neurais convolucionais. As cangas são compostas por solos com concentrações anômalas de metais, apresentam distribuição insular, além de conter grande riqueza de espécies e plantas especializadas às suas condições edáficas (MMA, 2000; Jacobi *et al.* 2011; Tibbet, 2015). No entanto, os Campos Rupestres Ferruginosos já sofreram intensa degradação de suas áreas para fins minerários, principalmente aqueles presentes em biomas como a Amazônia, Mata Atlântica, Caatinga e Pantanal, com exceção do que está localizado no Cerrado, no Vale do rio Peixe Bravo, sendo atualmente um dos últimos remanescentes que ainda não sofreram impactos antrópicos (Pereira *et al.* 2023; Carmo; Kamino, 2017).

5.6 Áreas priorizadas pelos estudos

Alguns estudos abordaram a conservação de diferentes níveis da biodiversidade, isto é, para além da riqueza de espécies, considerando a diversidade filogenética, taxonômica e funcional das espécies. Essa visão se encaixa nos preceitos de diversidade biológica, uma vez que, segundo Brasil (1994) ela é definida como: “a variabilidade de organismos vivos de todas as origens, [...] compreendendo ainda a diversidade dentro de espécies, entre espécies e de ecossistemas”. Tais análises são cruciais no planejamento e eficiência da conservação, visto que áreas destinadas à conservação deveriam proteger diferentes níveis da biodiversidade

(Margules; Pressey, 2000). Além disso, considerar vários atributos no processo de análise é importante exatamente porque áreas relevantes para um atributo em específico não são necessariamente coincidentes com as áreas de outros atributos (Sobral *et al.*, 2014; González-Maya *et al.*, 2017).

A delimitação das áreas designadas para conservação variou de acordo com os grupos indicadores de espécies, com o nível de análise da biodiversidade, escala do estudo, com os serviços ambientais considerados e até com os processos utilizados para a seleção. No entanto, apesar da indicação de diferentes áreas em cada estudo, em relação à extensão total do bioma, a grande maioria das publicações sugeriu como áreas prioritárias para conservação aquelas situadas na parte central e norte do Cerrado. Isso se deve não só pela concentração de áreas indicadas através do mapeamento da biodiversidade observados no presente trabalho, mas também pela região norte do Cerrado concentrar a maior parte dos remanescentes de vegetação nativa do bioma, com os estados de Maranhão, Tocantins e Piauí, apresentando índices de preservação de 89%, 92% e 79%, respectivamente (Klink e Machado, 2005).

Assim, as áreas prioritárias para conservação localizadas na região central e norte do Cerrado foram apontadas por Ballesteros-Mejia, Lima e Collevatti (2020) para a conservação da diversidade genética e riqueza de espécies de plantas, com baixa concentração de áreas na porção sul (Figura 11a). O mesmo padrão de APC foi observado por Monteiro *et al.* (2020), em um cenário que levava em consideração efeitos adversos do uso e ocupação do solo e pressão antrópica, que diminuiriam a eficiência da conservação. Entretanto, em outro cenário que considera a máxima representação de espécies, os mesmos autores indicaram áreas concentradas no centro e na borda leste do bioma (Figura 11b).

Para a flora arbustiva e subarbustiva, De Castilho Silva *et al.* (2024) identificaram três áreas com grande riqueza de espécies, que, além da parte central, consistiu nas regiões da Serra do Espinhaço, a leste do bioma, e no Mato Grosso, a oeste (Figura 11d).

Análises como as propostas por Ballesteros-Mejia, Lima e Collevatti, (2020) indicam que a conservação pode ser uma atividade que desconsidera os limites políticos entre países, uma vez que a biodiversidade e ocorrência de espécies não está depende de barreiras socialmente determinadas. Dando enfoque em espécies de plantas com ocorrência em mais de um país e analisando a extensão do Cerrado no Brasil, Bolívia e Paraguai, os autores identificaram que em cenários com a ausência de restrição dos limites entre os países, foram identificadas mais áreas para conservação dentro do território brasileiro do que se análise fosse feita apenas em contexto nacional (Figura 11c).

Ao considerar espécies de mamíferos como grupos indicadores (Figura 10), as regiões nordeste e centro-oeste do bioma concentraram maior quantidade de áreas para a conservação da diversidade filogenética e funcional de morcegos, enquanto a região centro-sul representou de forma significativa os mesmos níveis de diversidade para mamíferos terrestres (De Carvalho *et al.*, 2010). Silva *et al.* (2018) obtiveram resultados indicando a parte central e norte do Cerrado como representativas da riqueza e diversidade beta de morcegos, além de áreas no extremo sudoeste do bioma, em contato com o Pantanal.

Já para a conservação de indivíduos de *Panthera onca*, Portugal *et al.* (2020) apontaram as regiões centro-leste e norte como aquelas contendo áreas prioritárias para conservação dessa espécie. Áreas essas que evidenciaram a preferência da espécie por ambientes úmidos e florestados, além da proximidade com os biomas circundantes ao Cerrado e conectividade entre eles (Figura 10d). A definição de áreas destinadas à conservação utilizando grandes felídeos, como a onça-pintada, é uma estratégia que leva em consideração características chave desse grupo, como: a vulnerabilidade dessas espécies a impactos negativos; a necessidade de áreas extensas para habitat; o fato de exercerem o papel ecológico de predadores de topo de cadeia e por servirem como espécies guarda-chuva, representando a grande maioria das demais, ou seja, são grupos indicadores eficientes (Grigione *et al.*, 2009).

De forma semelhante, Faleiro, Machado e Loyola (2013), objetivando a conservação de mamíferos terrestres, identificaram áreas espalhadas pelo bioma mas majoritariamente agrupadas na porção central e norte.

Espécies de anuros sensíveis à mudança de habitat foram detectadas na parte central e sudoeste do Cerrado (distribuição espacial semelhante foi observada para espécies com maior prioridade), enquanto aquelas em processo de decréscimo populacional também constavam em sua maioria na parte central (Ribeiro *et al.*, 2016). Em concordância com o padrão observado, Silvano, Valdujo e Colli (2016) constataram a presença de áreas na mesma região para a conservação de anuros endêmicos, apresentando uma distribuição diagonal começando na porção noroeste e terminando no sudeste do bioma, bem como áreas em contato com o Pantanal (Figura 9a). Essas áreas consistiram em sua maioria de regiões de depressão associadas a afluentes e de regiões com elevada altitude (Silvano; Valdujo; Colli, 2016). Já Vasconcelos e Prado (2019), em cenários levando em conta o efeito das mudanças climáticas, observaram áreas espalhadas pela região centro-norte como APC de anfíbios a longo prazo, além de áreas na porção oeste e sudeste.

Para espécies de répteis foram identificadas áreas prioritárias na parte oeste do Cerrado situadas em regiões biogeográficas na Chapada dos Guimarães e na Serra da Bodoquena, com outras áreas na parte sul situadas no Mato Grosso e em São Paulo (Mello; Machado; Nogueira, 2015) (Figura 9c).

Em se tratando de espécies de aves, Borges, Fortunato e Loyola (2021) reconheceram APC de aspectos funcionais e filogenéticos na região oeste do bioma com outras áreas espalhadas pelo centro-sul, leste, e nas bordas dessas regiões. Já para uma análise mais regional, no estado do Maranhão, De Carvalho *et al.* (2017) delineou quatro áreas de maior riqueza de aves, enquanto De Carvalho *et al.* (2024) propôs corredores ecológicos para dispersão de espécies entre as Unidades de Conservação do estado frente a mudanças climáticas.

Analisando os aspectos de composição (8.563 espécies), estrutura (663 ecossistemas) e função (5382 grupos ecológicos) da diversidade, Burbano-Girón *et al.* (2022), encontraram áreas espalhadas pelo Cerrado, principalmente no atributo da composição em relação aos outros (Figura 8aI). No entanto, a análise de grupos ecológicos e ecossistemas resultaram em áreas mais agrupadas no extremo oeste e centro-norte do bioma (Figura 8aII e 8aIII). E o mesmo padrão de distribuição foi percebido para a manutenção de serviços ecossistêmicos, em cenários de omissão de áreas em regiões muito impactadas, por Resende *et al.* (2019), enquanto para cenários em que esse fator não foi aplicado, APC foram estabelecidas de forma distribuída pelo bioma, promovendo a conexão entre áreas protegidas. Ainda, seguindo a mesma tendência, para a conservação de vertebrados terrestres, Vieira-Alencar *et al.* (2023) observaram que APC de maior dimensão ficaram majoritariamente distribuídas na parte oeste, leste, centro e norte, com áreas médias e pequenas distribuídas de forma mais intensa na porção sul, refletindo assim a intensa fragmentação nessa região (Figura 8c).

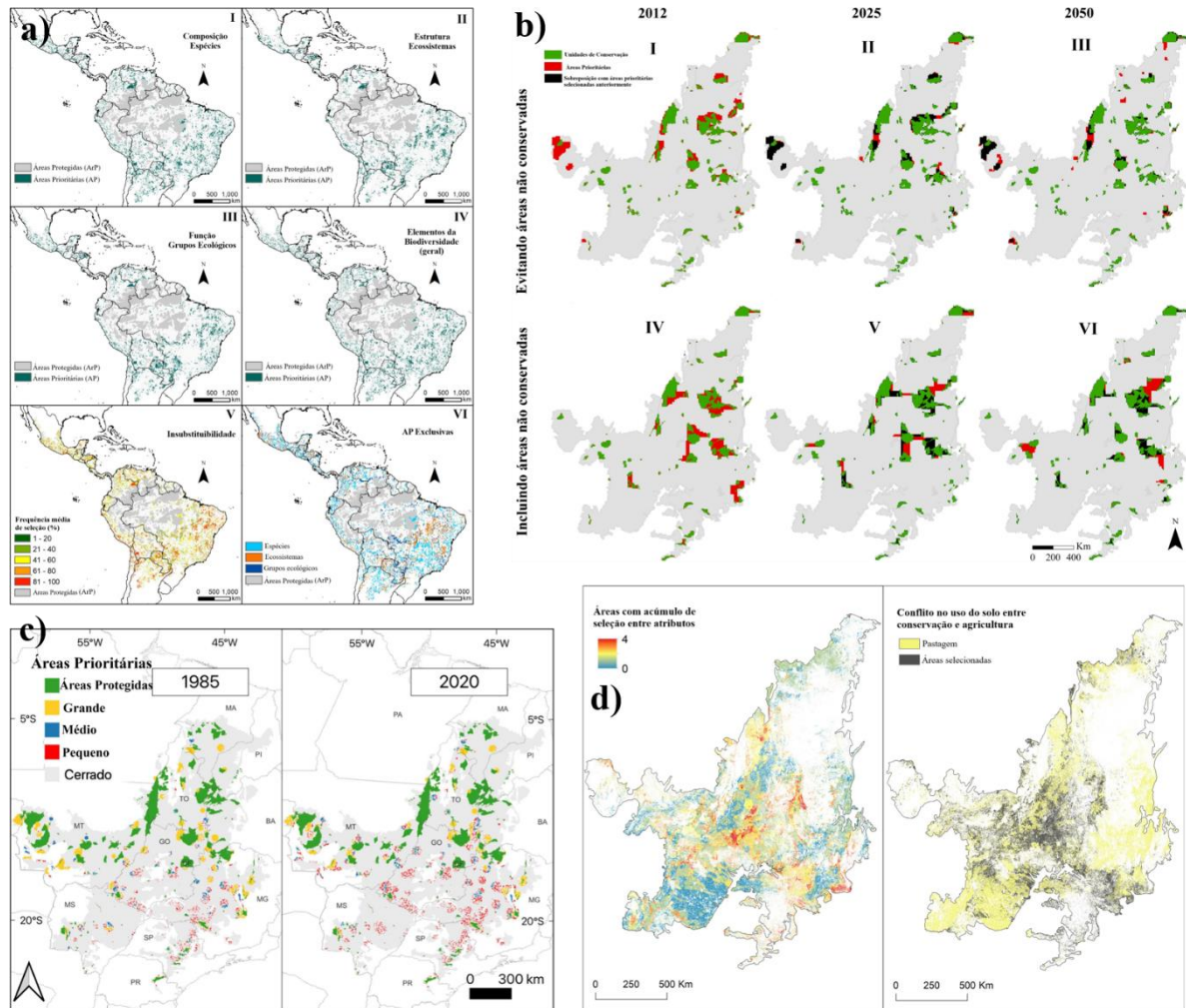


Figura 8. Áreas prioritárias para conservação no Cerrado e Região Neotropical definidas através de análise espacial (utilizando dados de vertebrados terrestres, plantas, ecossistemas, grupos ecológicos e serviços ecossistêmicos) indicadas nos estudos selecionados na revisão sistemática.

Legenda: a) APC de ecossistemas Neotropicais; (I a IV) distribuição espacial das áreas selecionadas com base nos atributos de biodiversidade (composição, estrutura e funcional); (V) Insustituibilidade das APC; (VI) áreas em que as unidades de planejamento foram selecionadas em apenas um dos três atributos. Fonte: Burbano-Girón *et al.* (2022). b) APC selecionadas com base na meta de 10% de proteção de cada serviço ecossistêmico considerado; (I a III) APC de serviços ecossistêmicos desconsiderando áreas com conflito de interesses no uso e ocupação do solo entre os anos de 2012, 2025 e 2050; (IV a VI) APC de serviços ecossistêmicos incluindo áreas com conflito de interesses no uso e ocupação do solo entre os anos de 2012, 2025 e 2050; áreas em preto representam áreas selecionadas subsequentemente nas projeções. Fonte: Resende *et al.* (2019). c) 17% das melhores APC de vertebrados selecionadas; (I) Seleção de APC em 1985; (II) Seleção das áreas em 2020; Tamanho das áreas: grandes ($> 1.000 \text{ km}^2$), pequenas ($< 250 \text{ km}^2$) e média (áreas de tamanhos que se encontram entre “grandes” e “pequenas”). Fonte: Vieira-Alencar *et al.* (2023). d) APC na restauração de pastagens para conservação de atributos da biodiversidade e de serviços ecossistêmicos; (I) acúmulo da frequência de seleção de ACP para grupos indicadores, água subterrânea, água superficial e estocagem de carbono; (II) áreas de pastagens sob influência de conflito de interesses aptas a agricultura; Fonte: Schüler e Bustamante, (2022).

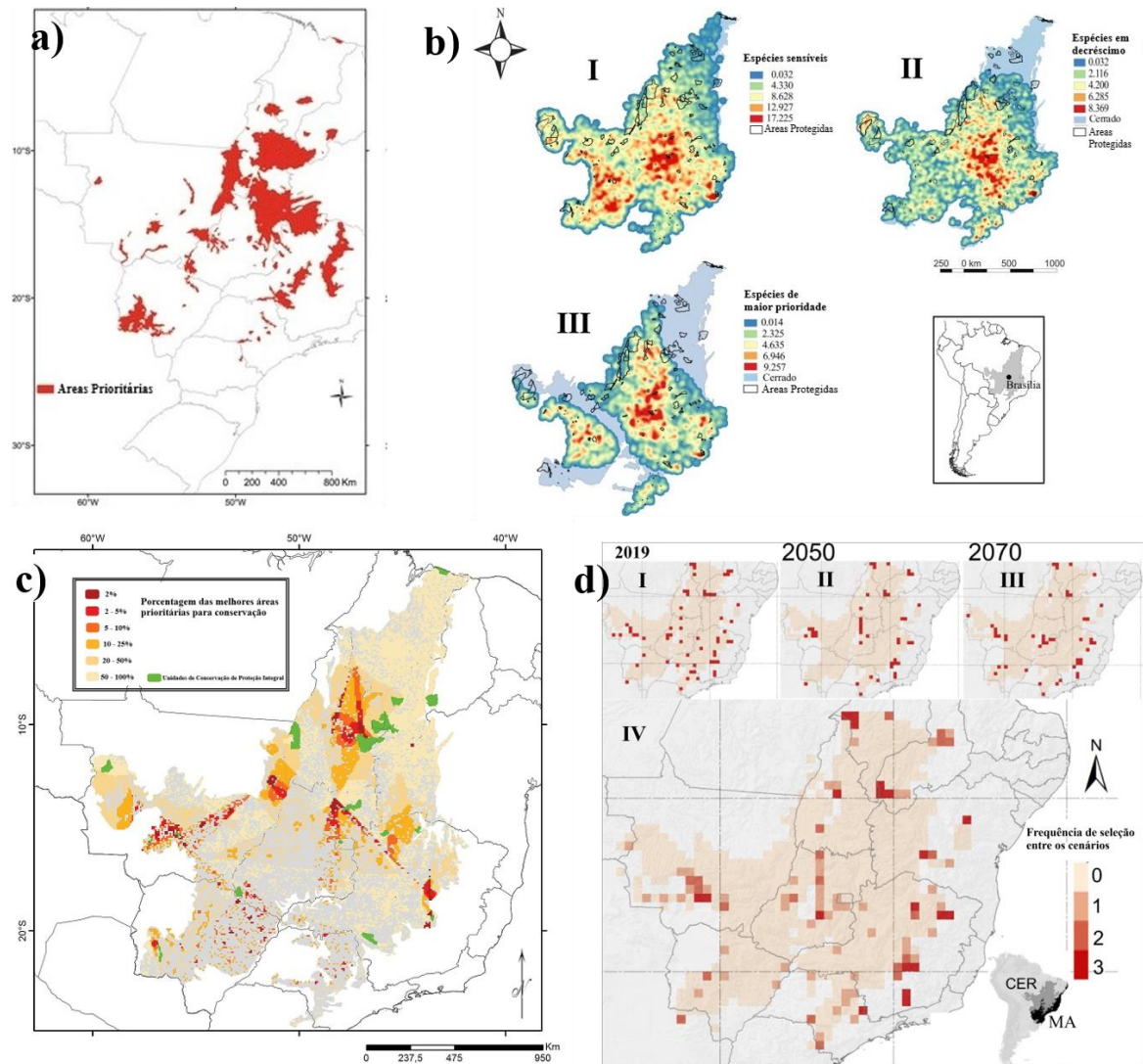


Figura 9. Áreas prioritárias para conservação no Cerrado definidas através de análise espacial (utilizando dados de anfíbios, anuros e répteis) indicadas nos estudos selecionados na revisão sistemática.

Legenda: a) APC com base na especificidade evolutiva de anfíbios endêmicos do Cerrado. Fonte: Silvano, Valdujo e Colli, (2016). b) mapas de riqueza de espécies de anuros para (I) espécies sensíveis a alteração de habitat, (II) espécies em processo de decréscimo populacional e (III) espécies de maior prioridade, ou seja, aquelas com metas de conservação altas e com menos de 10% delas atingidas. Fonte: Ribeiro *et al.* (2016). c) Áreas viáveis à implementação de ações de conservação para escamados. Fonte: Mello, Machado e Nogueira (2015). d) APC de anuros no Cerrado para diferentes cenários climáticos para (I) atualmente, (II) o ano de 2050, (III) o ano de 2070 e (III) o mapa de frequência da seleção das unidades de planejamento nos três cenários. Fonte: Vasconcelos e Prado (2019).

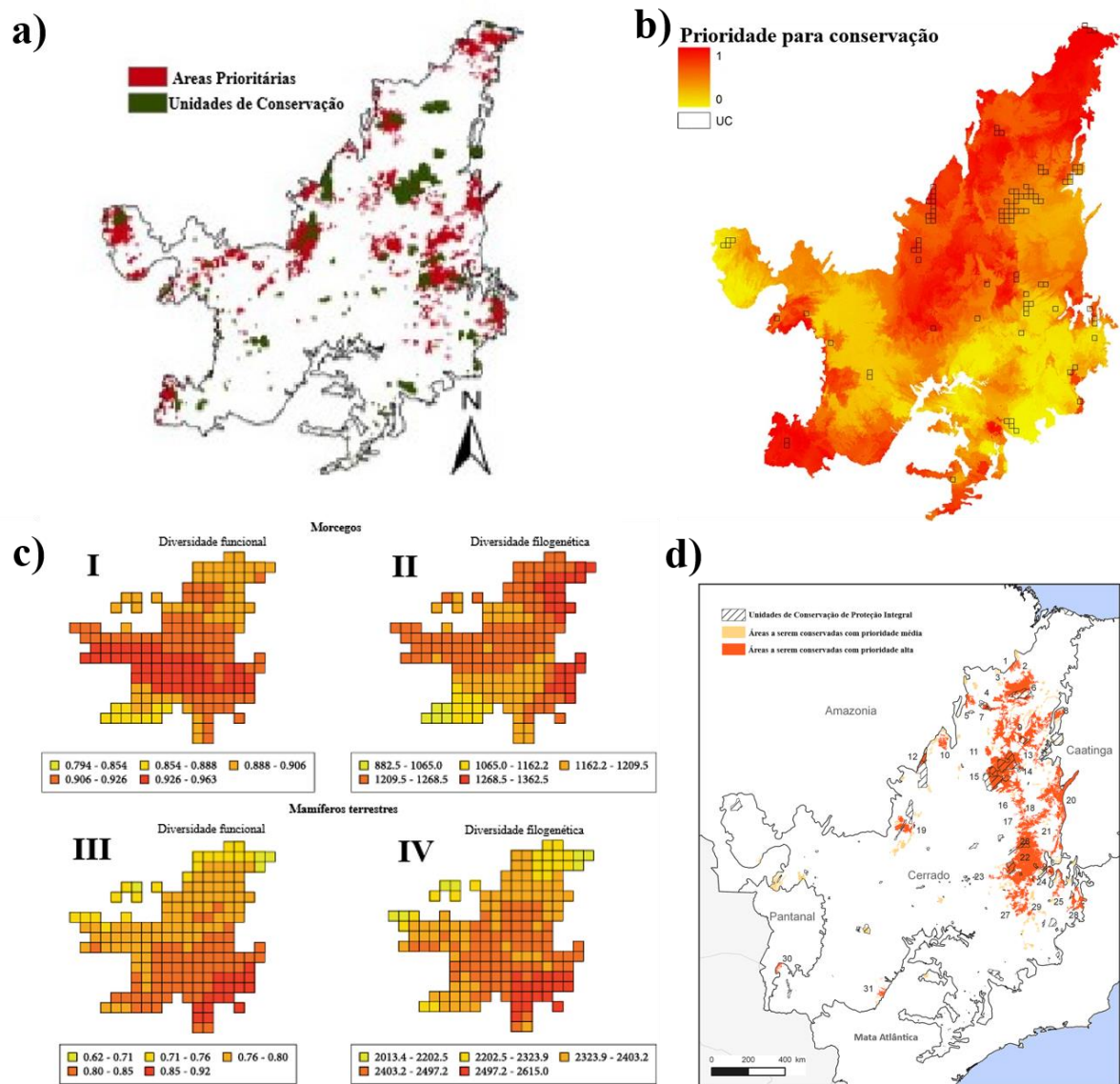


Figura 10. Áreas prioritárias para conservação no Cerrado definidas através de análise espacial (utilizando dados de mamíferos terrestres, morcegos e da espécie *Panthera onca*) indicadas nos estudos selecionados na revisão sistemática.

Legenda: a) distribuição espacial da riqueza de espécies de mamíferos terrestres considerando mudanças futuras no uso e cobertura do solo e incertezas na modelagem. Fonte: Faleiro, Machado e Loyola, (2013). b) APC de morcegos no Cerrado; gradientes de cor voltados para o tom vermelho indicam maior prioridade. Fonte: Silva *et al.* (2018). c) padrões de distribuição da diversidade funcional (I e III) e filogenética (II e IV) de morcegos e mamíferos terrestres do Cerrado; Fonte: De Carvalho *et al.* (2010). d) APC de onças (*Panthera onca*) no Cerrado, segmentadas em média e alta prioridade. Fonte: Portugal *et al.* (2020).

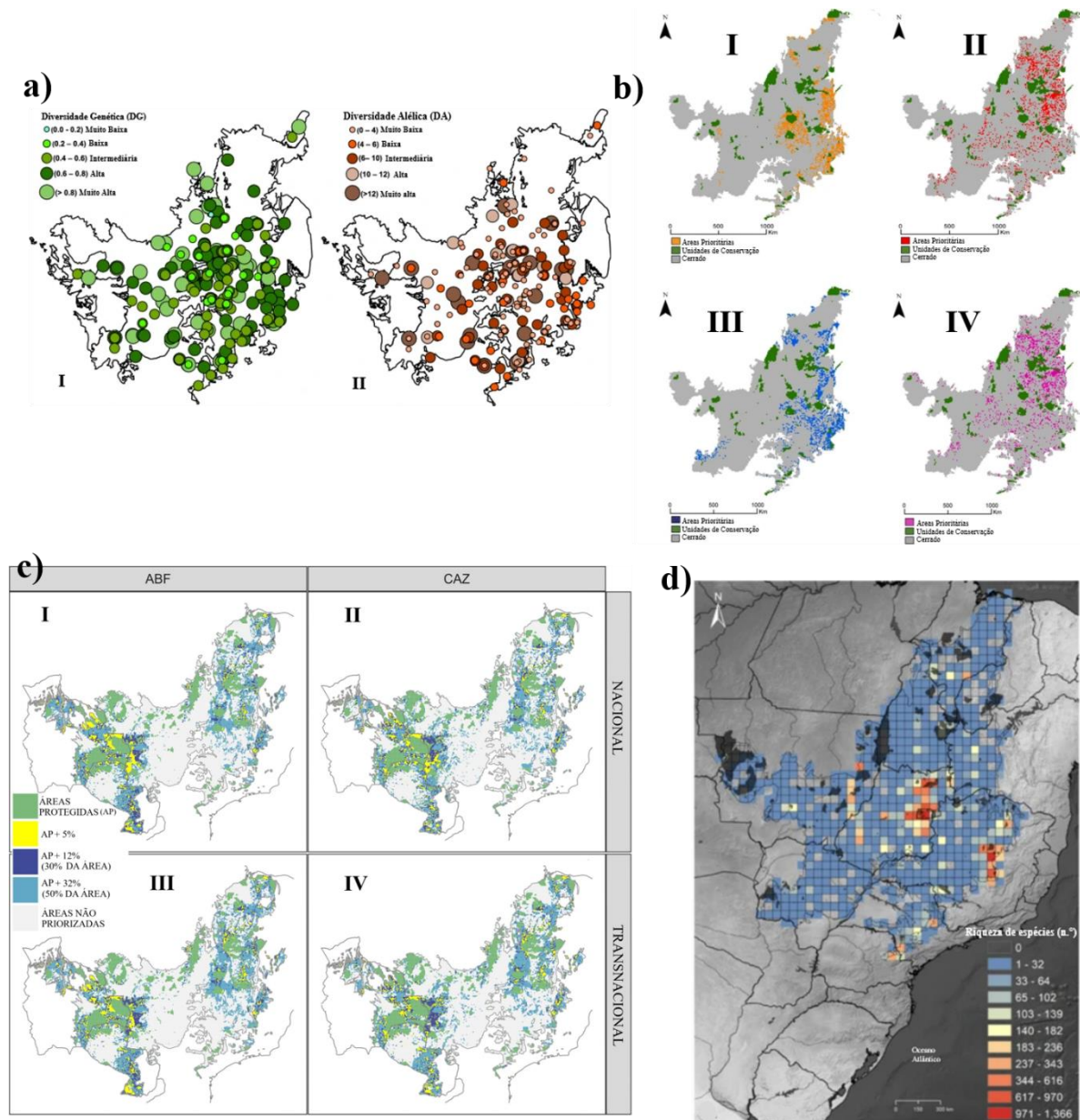


Figura 11. Áreas prioritárias para conservação no Cerrado definidas através de análise espacial (utilizando dados de plantas vasculares) indicadas nos estudos selecionados na revisão sistemática.

Legenda: a) distribuição da diversidade genética (I) e alélica (II) de plantas no Cerrado. Fonte: Ballesteros-Mejia, Lima e Collevatti, (2020). b) distribuição espacial de APC de espécies de plantas ameaçadas de extinção no Cerrado, conforme os cenários: (I) ação imediata – maximizando representatividade; (II) ação imediata – maximizando impacto de conservação; (III) ação futura – maximizando a representatividade; (IV) ação futura – maximizando impacto de conservação. Fonte: Monteiro et al. (2020). c) áreas prioritárias para expansão de Unidades de Conservação e conservação de plantas no Cerrado submetidas a duas metodologias de seleção de áreas do software Zonation: (I e III) additive benefit function (ABF) e (II e IV) core área zonation (CAZ); e a dois níveis de administração da conservação: nacional (I e II) e Transfronteira (III e IV), para o Cerrado presente no Brasil, Bolívia e Paraguai. Fonte: Velazco et al. (2023). d) distribuição espacial da riqueza de espécies de plantas arbustivas e subarbustivas do Cerrado. Fonte: De Castilho Silva et al. (2024).

5.7 Análise de lacunas

A análise de lacunas (*gap analysis*), consiste na identificação, classificação e investigação do sistema existente de Unidades de Conservação, por meio da avaliação da representação de espécies, fitofisionomias ou biomas encontrados nesse sistema. Esta análise ainda permite identificar as lacunas na distribuição e cobertura destas áreas protegidas (Jennings, 2000; Scott *et al.*, 1993), possibilitando, assim, orientar recursos e ações para conservação de ecossistemas ou espécies negligenciadas.

Se observou que muitos autores, através da análise de lacunas (*gap analysis*), constataram que a atual disposição das áreas de Unidades de Conservação (UC) no Cerrado não são congruentes com as APC indicadas em seus estudos, além de não serem eficientes na proteção da biodiversidade e na manutenção de processos ecológicos (Tabela 2).

Para regiões historicamente ocupadas por seres humanos, a partir do momento que a conservação da biodiversidade se tornou uma preocupação social, apenas um seleto grupo de áreas remanescentes da área original estavam disponíveis para tal (Watson *et al.*, 2011). Além disso, a alocação de UCs seguem preceitos oportunistas, baseados em motivações como beleza cênica, fins recreacionais e disponibilidade de áreas do que atributos relacionados à biogeografia e padrões geográficos (Mello; Machado; Nogueira, 2015). E por fim, observa-se que no Cerrado, o estabelecimento de UCs está mais condicionado a critérios políticos e econômicos do que critérios biológicos (Diniz-Filho *et al.*, 2008), bem como apenas 8,91% da área do bioma se encontram sob a forma de UCs, e destas, meramente 20,4% contam com plano de manejo estabelecido (MMA, 2024). Assim, dadas as condições supracitadas, é possível entender como a grande maioria dos estudos constatou baixa representatividade da proteção de espécies e processos pelo atual sistema de Unidades de Conservação do Cerrado.

É importante salientar que muitas análises de priorização espacial para conservação e análise de lacunas incluíram áreas de Terras Indígenas no processo, visto que elas, além de garantirem o direito ao território de povos originários, também demonstraram ser importantes na mitigação da perda de vegetação nativa no Cerrado (Resende *et al.*, 2021). No entanto, mesmo com a inclusão de Terras Indígenas às áreas de Unidades de Conservação, a análise de lacunas ainda indicou sub-representação da biodiversidade no Cerrado.

Tabela 2. Análise de lacunas dos estudos revisados de acordo com o estudo, espécies ou grupos indicadores considerados e descrição do nível de proteção pelas Unidades de Conservação do Cerrado.

Referência	Espécies/grupos	Descrição do nível de proteção
Silvano, Valdujo e Colli (2016)	anfíbios	65 espécies com lacunas na conservação, com menos de 20% das metas atingidas, e 39 espécies totalmente desprotegidas.
Ribeiro <i>et al.</i> (2016)	anfíbios (anuros)	cerca de 70% das espécies possuem lacunas em suas metas de conservação.
Mello, Machado e Nogueira (2015)	répteis	2% de proteção.
De Carvalho <i>et al.</i> (2024)	aves	12% da área de distribuição das espécies se encontra protegida.
Silva <i>et al.</i> (2018)	morcegos	algumas espécies observadas com distribuição restrita não ocorrem em nenhuma UC do bioma.
De Carvalho <i>et al.</i> (2010)	morcegos e mamíferos	protegem 52% das áreas com alta diversidade de mamíferos terrestres e 22% para morcegos.
Portugal <i>et al.</i> (2020)	<i>Panthera onca</i> (onça-pintada)	menos de 1%.
Vieira-Alencar <i>et al.</i> (2023)	vertebrados terrestres	em média 21.47%.
Velazco <i>et al.</i> (2023)	plantas	menos de 25% das espécies com proteção.
Maciel <i>et al.</i> (2021)	plantas (árvores)	variação de 0 a 24.3%.
De Castilho Silva <i>et al.</i> (2024)	plantas herbáceas e subarbustos	das espécies analisadas, 55% são protegidas.
Duarte, Ribeiro e Paglia (2016)	serviços ecossistêmicos	42,2% das áreas dentro de UCs

5.8 Ações de conservação recomendadas

Frente às áreas prioritárias para conservação de diferentes atributos da biodiversidade identificadas nos estudos revisados no presente trabalho e aos desafios apresentados para a conservação do Cerrado, ações para implementação da conservação foram sugeridas.

Unidades de Conservação são cruciais pois ajudam a mitigar impactos antrópicos sobre a biodiversidade (Bruner *et al.*, 2001; Soares-Filho *et al.*, 2010). Medidas como a criação, expansão e fortalecimento da atual rede de UCs são uma importante estratégia de conservação, mas que, para ser efetiva, requer também estratégias que ocorrem fora das áreas protegidas (Margules e Pressey, 2000). Além disso, o processo de criação de novas Unidades de

Conservação é lento e complexo, com a necessidade de recursos financeiros para a apropriação das terras e posterior monitoramento e proteção efetiva das áreas (Silva *et al.* 2018).

A porção centro-norte, apontada como prioritária para conservação na maioria dos estudos (mas não somente ela), concentra a maior cobertura de vegetação nativa do bioma (Klink e Machado, 2005; Silva *et al.*, 2006), representando uma oportunidade para a conservação *in-situ* (conservação de ecossistemas e habitats naturais e a manutenção e recuperação de populações viáveis de espécies em seus meios naturais (Brasil, 1994), com o estabelecimento de UCs extensas e conectadas entre si. No entanto, essa região também é consagrada como uma fronteira agrícola no país, denominada MATOPIBA, referente às siglas dos estados presentes nessa fronteira (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia) (Gibbs *et al.* 2015), representando uma região em que a ocorrência de conflitos de interesses pelo uso e ocupação das terras é intensa, dificultando esse processo. Isso também evidencia a perda de oportunidades para a implementação de estratégias voltadas à conservação diante das taxas de conversão do Cerrado, consequente fragmentação e diminuição do tamanho das áreas de vegetação nativa (Resende *et al.*, 2019), conforme constatado por Vieira-Alencar *et al.* (2023), que observaram uma diminuição potencial em cerca de 5% da representação de espécies em áreas extensas com a inação frente a necessidade de estratégias para a conservação.

Os remanescentes altamente impactados de vegetação nativa na porção sul do Cerrado devem ser protegidos e reconectados através de medidas de restauração ecológica (Strassburg *et al.*, 2017), como abordado por Schüller e Bustamante (2022), com a restauração ecológica estratégica de áreas de pastagens degradadas. Apesar de pequenos e espalhados, os fragmentos no sul do bioma ainda abrigam espécies endêmicas, como as de vertebrados, e sua conversão causaria a extinção dessas espécies em taxas alarmantes, ação essa que não poderia ser revertida através da implementação de medidas na porção norte do Cerrado (Vieira-Alencar *et al.*, 2023). Essas áreas com intensa fragmentação também podem ser beneficiadas com a implementação de corredores ecológicos, conectando e permitindo a dispersão de espécies e o fluxo gênico entre os fragmentos.

Deve-se considerar que mais de 50% da vegetação nativa do país se encontra em propriedades privadas (Soares-Filho *et al.*, 2014), o que exige atividades de conservação que considerem essa limitação. Uma opção seria aumentar o custo de oportunidade para a conservação de remanescentes de vegetação em relação a conversão dessas áreas para outros usos através da implementação de programas de pagamentos por serviços ambientais (PSA). Estudos como o de Schwaida *et al.* (2023), propõem o uso de ferramentas para identificação de

áreas com maior prioridade em relação às Cotas de Reservas Ambientais (CRA), ferramentas essas que podem ser importantes nesse contexto. Outra ferramenta que funciona por meio de PSA é o Programa Produtor de Águas da Agência Nacional de Águas (ANA), que utiliza do sistema provedor-pagador para incentivar financeiramente aqueles que contribuem para o controle da erosão e poluição em suas propriedades e proteção e recuperação de mananciais, colaborando assim, para a manutenção de um bem comum (ANA, 2008). Estratégias como as explicitadas anteriormente são cruciais para a mitigação da conversão de vegetação nativa do Cerrado em outros usos.

A seleção de áreas prioritárias para conservação considerando as questões supracitadas, e sua gama de dados e modelagens, é importante no processo de priorização espacial, sobretudo para a região neotropical em que o Cerrado está inserido (Moilanen *et al.*, 2009). A razão para tal relevância nesse campo de estudo reside na necessidade de se evitar conflitos no uso da terra entre fins antrópicos e proteção ambiental. Incluir esses atributos nas análises de APC aumentam as chances de sucesso na implementação de ações voltadas à conservação (Faleiro *et al.*, 2013; Williams *et al.*, 2003).

Conflitos assim, somente no Brasil, geraram a redução, recategorização e exclusão de mais de 8,24 milhões de hectares de Unidades de Conservação de 1991 até o ano de 2019 (WWF, 2019). Esse fenômeno ocorre em vários países e é conhecido como *Protected Areas Downsizing, Downgrading and Degazetting* (PADDD), ou em português “Redução, Recategorização e Exclusão de Áreas Protegidas”.

Também é notório que mudanças climáticas afetarão de forma expressiva a eficiência de Unidades de Conservação localizadas em regiões Neotropicais (Velazco *et al.*, 2019). Assim, a sobrevivência de espécies em cenários de mudanças climáticas depende da sua capacidade de adaptação conforme o avanço dos efeitos adversos ou da colonização de novas áreas que possam servir de habitat (Sinervo *et al.*, 2010), ou seja, a priorização espacial deve considerar a conectividade entre fragmentos para possibilitar a dispersão de espécies para áreas que sejam climaticamente viáveis.

A seleção de áreas de vegetação com maior probabilidade de conversão em cenários preditivos pode contribuir para a conservação de duas formas: uma considerando a proteção de áreas importantes e vulneráveis ecologicamente em áreas de conflito e a outra que desconsidera áreas com baixo nível de conflito, uma vez que as chances dessas áreas serem convertidas são baixas e assim, tem menos prioridade (Devillers *et al.* 2014; Pressey *et al.* 2015). Outra lógica semelhante foi exposta por Wunder, Engel e Pagiola (2008), em que áreas que serão protegidas

ou não estão sob condição de serem desmatadas, a conservação não precisa ser priorizada e os recursos podem ser utilizados em outras áreas.

6 CONCLUSÕES

A seleção de áreas prioritárias para conservação no Cerrado ocorre através do uso de modelagem e programas computacionais que atuam no apoio à decisão, como Zonation, Marxan, Rstudio e SIG, com prevalência de critérios que consideram a riqueza de espécies para seleção, bem como de algoritmos de otimização baseados em insubstituibilidade, conectividade e complementaridade.

Na maior parte dos estudos analisados, foram empregados dados de uso e ocupação do solo e de plantas vasculares e vertebrados (com destaque para os dois primeiros) como grupos indicadores, uniformizadas em unidades de planejamento de pequena escala, com áreas de estudo considerando, principalmente, a extensão total do Cerrado em detrimento de outras com abrangência estadual ou menor. Análises de métricas da paisagem se mostraram uma importante ferramenta para priorização a níveis municipais ou de bacia hidrográfica.

A localização das áreas selecionadas no Cerrado com caráter prioritário variou de acordo com os dados ecológicos utilizados e com os atributos da biodiversidade analisados. No entanto, a grande maioria dos estudos indicaram áreas na região centro-norte do Cerrado, região essa que concentra remanescentes extensos de vegetação nativa no bioma, em relação a porção sul, altamente impactada.

O uso de modelos preditivos para cenários futuros da situação de conservação do Cerrado revelou que, para que as ações voltadas a conservação sejam eficientes, devem ser levados em consideração os conflitos no uso e ocupação do solo e os efeitos que as mudanças climáticas trarão.

Verificou-se que a representação espécies e serviços ecossistêmicos nas Unidades de Conservação do Cerrado está aquém do ideal, resultado da insuficiência da extensão de UCs no bioma e do estabelecimento e alocação das mesmas que não seguiram critérios primariamente ecológicos. Ainda, apenas 20% das UCs implementadas contam com plano de manejo.

Estratégias de conservação deveriam ser implementadas o quanto antes, considerando a alta fragmentação do bioma, com expansão da rede de Unidades de Conservação, preferencialmente, na parte norte e restauração ecológica na parte sul, aliadas a políticas de pagamento por serviços ambientais e corredores ecológicos.

7 REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Programa Produtor de Água: Manual Operativo**. Brasília, DF: ANA, 2008. Disponível em: <http://produtordeagua.ana.gov.br/Portals/0/DocsDNN6/documentos/MANUAL%20OPERATIVO%20-%20PROGRAMA%20PRODUTOR%20DE%20%C3%81GUA.pdf> Acesso em: 25 jun. 2025.
- ABRAMOVAY, R. **Moratória para os Cerrados: elementos para uma estratégia de agricultura sustentável**. São Paulo: Departamento de Economia e Programa de Ciência Ambiental da USP, 1999. Disponível em: http://www.econ.fea.usp.br/abramovay/outros_trabalhos/1999/Moratoria_para_os_cerrados.pdf. Acesso em: 25 jun. 2025.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. DOI: 10.1127/0941-2948/2013/0507.
- ARAÚJO, A. B.; COLLI, G. R. **Biodiversidade do Cerrado: herpetofauna**. Brasília, DF: [s.n.], 1998. 41 p.
- ARDRON, J. A.; POSSINGHAM, H. P.; KLEIN, C. J. (Ed.). **Marxan Good Practices Handbook**, Version 2. Victoria, BC, Canadá: Pacific Marine Analysis and Research Association, 2010. 165 p. Disponível em: <http://www.pacmara.org/>. Acesso em: 3 jul. 2025.
- ARONSON, J.; SASHA, A. Ecosystem restoration is now a global priority: time to roll up our sleeves. **Restoration Ecology**, v. 21, n. 3, p. 293-296, 2013.
- BALLESTEROS-MEJIA, L., LIMA, J.S. & COLLEVATTI, R.G. Spatially-explicit analyses reveal the distribution of genetic diversity and plant conservation status in Cerrado biome. **Biodivers Conserv** 29, 1537–1554, 2020. <https://doi.org/10.1007/s10531-018-1588-9>
- BINI, L. M. *et al.* Challenging Wallacean and Linnean shortfalls: knowledge gradients and conservation planning in a biodiversity hotspot. **Divers. Distrib.**, v. 12, p. 475-482, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1366-9516.2006.00286.x>. Acesso em: 3 jul. 2025.
- BONN, K.J. GASTON. Capturing biodiversity: selecting priority areas for conservation using different criteria. **Biodivers. Conserv.**, 14, 2005, pp. 1083-1100.
- BORGES, F. J. A.; FORTUNATO, D. de S.; LOYOLA, R. Critical areas for retaining multiple dimensions of bird diversity in the Cerrado. **Journal for Nature Conservation**, v. 64, p. 126079, 2021. DOI: 10.1016/j.jnc.2021.126079. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1617138121001266>. Acesso em: 4 jun. 2025.
- BRASIL. **Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000**. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2000. Disponível

BRUNER, A. G. *et al.* Effectiveness of parks in protecting tropical biodiversity. **Science**, v. 291, n. 80, p. 125-128, 2001.

BUTCHART, S. H. M.; BIRD, J. P. Data deficient birds on the IUCN Red List: what don't we know and why does it matter? **Biol. Conserv.**, v. 143, p. 239-247, 2010.

BURBANO-GIRÓN, J. *et al.* An assessment of spatial conservation priorities for biodiversity attributes: Composition, structure, and function of Neotropical biodiversity. **Biological Conservation**, v. 265, p. 109421, 2022. DOI: 10.1016/j.biocon.2021.109421. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0006320721004730>. Acesso em: 4 jun. 2025.

CAMPOS, Carlos A. C.; CHAVES, Caio A. C. Variabilidade e tendências da precipitação no Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 31, n. 3, p. 289-301, jul./set. 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbmet/a/LWsT56M5MGDt4NmN7ZBSQhh/>. Acesso em: 14 jul. 2025.

CARMO, F. F.; KAMINO, L. Y. H. (Org.). **O Vale do Rio Peixe Bravo**: ilhas de ferro no sertão mineiro. Belo Horizonte: 3i, 2017. Disponível em: https://institutoprístino.org.br/wp-content/uploads/2020/04/Vale-do-Rio-Peixe-Bravo_WEB-VF.pdf. Acesso em: 17 jun. 2025.

CARVALHO, D. L. de *et al.* Delimiting priority areas for the conservation of endemic and threatened Neotropical birds using a niche-based gap analysis. **PLoS ONE**, v. 12, n. 2, p. e0171838, 2017. DOI: 10.1371/journal.pone.0171838. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0171838>. Acesso em: 4 jun. 2025.

CARVALHO, D. L. de *et al.* Predicting the future of threatened birds from a Neotropical ecotone area. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 196, p. 61, 2024. DOI: 10.1007/s10661-023-12174-w. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10661-023-12174-w>. Acesso em: 4 jun. 2025.

CARVALHO, R. A. de *et al.* Drafting a Blueprint for Functional and Phylogenetic Diversity Conservation in the Brazilian Cerrado. **Natureza & Conservação**, Goiânia, v. 8, n. 2, p. 171-176, dez. 2010. DOI: 10.4322/natcon.00802011. Disponível em: <https://doi.editoracubo.com.br/10.4322/natcon.00802011>. Acesso em: 4 jun. 2025

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Safras Grãos**: série histórica. Brasília, DF, 2018. Disponível em: <https://portaldeinformacoes.conab.gov.br>. Acesso em: 23 jun. 2025.

COUTO, M. S. D. da S.; SMITH, O. P.; TEIXEIRA, R. A. Modelagem matemática para seleção de áreas prioritárias à conservação ou restauração no Cerrado Goiano. **Mercator**, Fortaleza, v. 10, n. 23, p. 225-236, out. 2011. Disponível em: <http://www.mercator.ufc.br/mercator/article/view/578>. Acesso em: 4 jun. 2025.

D'ARRIGO, R. C. P.; LORINI, M. L.; RAJÃO, H. A seleção de áreas para conservação na Mata Atlântica Brasileira: revisão dos estudos voltados para priorização espacial. **Biodiversidade Brasileira**, v. 10, n. 2, p. 36-49, 2020. Disponível em:

<https://revistaelectronica.icmbio.gov.br/index.php/BioBR/article/view/1462/1155>. Acesso em: 23 jun. 2025.

DEVILLERS, R. *et al.* Reinventing residual reserves in the sea: are we favouring ease of establishment over need for protection? **Aquat Conserv Mar Freshw Ecosyst**, v. 25, p. 480-504, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/aqc.2445>. Acesso em: 3 jul. 2025.

DIAS, B. F. S. **A implementação da convenção sobre diversidade biológica no Brasil: desafios e oportunidades**. Campinas: [s.n.], 1996.

DINIZ-FILHO, J. A. F. *et al.* Ensemble forecasting shifts in climatically suitable areas for *Tropidacris cristata* (Orthoptera: Acridoidea: Romaleidae). **Insect Conserv Divers**, v. 3, p. 213-221, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1752-4598.2010.00090.x>. Acesso em: 3 jul. 2025.

DINIZ-FILHO, J. A. F. *et al.* Planning for optimal conservation of geographical genetic variability within species. **Conservation Genetics**, v. 13, p. 1085-1093, 2012. DOI: 10.1007/s10592-012-0356-8. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10592-012-0356-8>. Acesso em: 4 jun. 2025.

DINIZ-FILHO, J. A. F. *et al.* Spatial patterns of terrestrial vertebrate species richness in the Brazilian Cerrado. **Zoological Studies**, v. 47, p. 146-157, 2008.

DISTRITO FEDERAL. Instituto Brasília Ambiental (IBRAM). **Instrução n. 39, de 2014**. Dispõe sobre a preservação dos campos de murundus. Brasília, DF, 2014. Disponível em: <https://www.ibram.df.gov.br/wp-content/uploads/2018/02/Instru%C3%A7%C3%A3o-n-39-2014-Disp%C3%B5e-sobre-a-preserva%C3%A7%C3%A3o-dos-campos-de-murundus.pdf>. Acesso em: 23 jun. 2025.

DUARTE, G. T.; RIBEIRO, M. C.; PAGLIA, A. P. Ecosystem Services Modeling as a Tool for Defining Priority Areas for Conservation. **PLoS ONE**, v. 11, n. 5, p. e0154573, 2016. DOI: 10.1371/journal.pone.0154573. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0154573>. Acesso em: 4 jun. 2025.

FALEIRO, F. V.; MACHADO, R. B.; LOYOLA, R. D. Defining spatial conservation priorities in the face of land-use and climate change. **Biological Conservation**, [S. l.], v. 158, p. 248-257, 2013. DOI: 10.1016/j.biocon.2012.09.020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0006320712004156>. Acesso em: 4 jun. 2025.

FONSECA, C. R.; VENTICINQUE, E. M. Biodiversity conservation gaps in Brazil: A role for systematic conservation planning. **Perspect. Ecol. Conserv.**, v. 16, p. 61-67, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2018.03.001>. Acesso em: 3 jul. 2025.

GONÇALVES, A. dos S. *et al.* Analysis of the spatial distribution of Leguminosae species in the state of Maranhão, Brazil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, PE, v. 17, n. 1, p. 213-228, 2024. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>. Acesso em: 4 jun. 2025.

GIBBS, B. H. K. *et al.* Brazil's soy moratorium. **Science**, v. 347, p. 377-378, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1126/science.aaa0181>. Acesso em: 3 jul. 2025.

GOIÁS. **Lei nº 18.104, de 18 de julho de 2013**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, institui a nova Política Florestal do Estado de Goiás e dá outras providências. Disponível em: https://legisla.casacivil.go.gov.br/pesquisa_legislacao/90203/lei-18104. Acessado em: 16 de junho de 2025.

GONZÁLEZ-MAYA, J. F. *et al.* Distribution of mammal functional diversity in the Neotropical realm: Influence of land-use and extinction risk. **PLOS ONE**, v. 12, n. 4, p. e0175931, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0175931>. Acesso em: 3 jul. 2025.

GRIGIONE, M. M. *et al.* **Identifying potential conservation areas for felids in the USA and Mexico**: integrating reliable knowledge across an international border. *Oryx*, v. 43, p. 78–86, 2009. DOI: 10.1017/S0030605308002019.

HIJMANS, Robert J.; ELITH, Jane. **Spatial Distribution Models**. [S. l.], 2019. Disponível em: <https://rspace.org/raster/sdm/SDM.pdf>. Acesso em: 3 jul. 2025.

HOWARD, S. D.; BICKFORD, D. P. Amphibians over the edge: silent extinction risk of Data Deficient species. **Divers. Distrib.**, v. 20, p. 837-846, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/ddi.12218>. Acesso em: 21 jun. 2025.

HURLBERT, A. H.; JETZ, W. Species richness, hotspots, and the scale dependence of range maps in ecology and conservation. **Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.**, v. 104, n. 33, p. 13384-13389, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1073/pnas.0704469104>. Acesso em: 3 jul. 2025.

IBGE. **Produção agrícola e pecuária municipal**: censo agropecuário, produção e extração vegetal da silvicultura. Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/home/pms/brasil>. Acesso em: 4 jul. 2025.

ICMBio. **Sistema de Avaliação do Risco de Extinção da Biodiversidade – SALVE**. [S. l.], 2025. Disponível em: <https://salve.icmbio.gov.br/>. Acesso em: 7 jun. 2025.

INMET. Normais Climatológicas do Brasil 1991 – 2020. Edição Digital. Brasília, DF, 2022. Disponível em: <http://portal.inmet.gov.br/normais>. Acesso em: 30 abr. 2024.

JACOBI, C.M., CARMO, F.F. & CAMPOS, I.C. 2011. Soaring Extinction Threats to Endemic Plants in Brazilian Metal-Rich Regions. **AMBIO** 40:540–543. <https://doi.org/10.1007/s13280-011-0151-7>

JENNINGS, M. D. Gap analysis: concepts, methods, and recent results. **Landsc. Ecol.**, v. 15, p. 5-20, 2000.

JORGE, N. L. *et al.* Identificação de áreas prioritárias para a conservação e recuperação no município de Santa Lúcia-SP. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, PE, v. 10, n. 01, p. 332-346, 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>. Acesso em: 4 jun. 2025.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. Conservation of the Brazilian cerrado. **Conserv. Biol.**, v. 19, p. 707-713, 2005.

KNIGHT, A. T.; COWLING, R. M.; CAMPBELL, B. M. An operational model for implementing conservation action. **Conserv. Biol.**, v. 20, n. 2, p. 408-419, 2006.

KNIGHT, A. T. *et al.* Knowing but not doing: selecting priority conservation areas and the research-implementation gap. **Conserv. Biol.**, v. 22, p. 610-617, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2008.00914.x>. Acesso em: 3 jul. 2025.

LIMA, J. E. F. W.; SILVA, E. M. Estimativa da produção hídrica superficial do Cerrado brasileiro. In: SCARIOT, A.; SOUSA-SILVA, J. C.; FELFILI, J. M. (Org.). **Cerrado: Ecologia, biodiversidade e conservação**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2005.

LOYOLA, R. D.; LEWINSOHN, T. M. Diferentes abordagens para a seleção de prioridades de conservação em um contexto macrogeográfico. **Megadiversidade**, v. 5, n. 1-2, dez. 2009. Disponível em: <https://repositorio.bc.ufg.br/riserver/api/core/bitstreams/ae73d7a4-6697-4b34-b9cd-dbb0479389d9/content>. Acesso em: 24 jun. 2025.

MACARTHUR, R. H.; WILSON, E. O. **The Theory of Island Biogeography**. Princeton: Princeton University Press, 1967. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/j.ctt19cc1t2>. Acesso em: 3 jul. 2025.

MACHADO, R. B. *et al.* Análise de lacunas de proteção da biodiversidade no Cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO, 4., 2004, Curitiba. **Anais IV Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação**. Curitiba: Fundação O Boticário de Proteção à Natureza, 2004. p. 29-38.

MACIEL, E. A. *et al.* Climate change forecasts suggest that the conservation area network in the Cerrado-Amazon transition zone needs to be expanded. **Acta Oecologica**, [S. l.], v. 112, p. 103764, 2021. DOI: 10.1016/j.actao.2021.103764. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1146609X21000631>. Acesso em: 4 jun. 2025.

MAES, J. *et al.* Mapping ecosystem services for policy support and decision making in the European Union. **Ecosyst. Serv.**, v. 1, p. 31-39, 2012.

MAPBIOMAS. **Mapeamento Anual de Cobertura e Uso da Terra no Brasil - Coleção 9**, 2024. Disponível em: https://brasil.mapbiomas.org/wp-content/uploads/sites/4/2024/08/Fact_Colecao-9_21.08-OK.pdf. Acesso em: 23 jul. 2025.

MARGULES, C. R.; PRESSEY, R. L. Systematic conservation planning. **Nature**, v. 405, p. 243-253, 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/35012251>. Acesso em: 3 jul. 2025.

MARGULES, G.; USHER, M. B. Criteria in Assessing Wildlife Conservation Potential: a review. **Biological Conservation**, v. 21, p. 79-109, 1981.

MARINHO-FILHO, J. S.; RODRIGUES, F. H. G.; JUAREZ, K. M. The Cerrado mammals: diversity, ecology and natural history. In: OLIVEIRA, P. S.; MARQUIS, R. (Ed.). **The**

Cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical Savanna. Washington: Smithsonian Institution Press, 2000. p. 266-284.

MCBRIDE, M. F. *et al.* Incorporating the effects of socioeconomic uncertainty into priority setting for conservation investment. **Conserv. Biol.**, v. 21, n. 6, p. 1463-1474, 2007. PMID: 18173470.

MELLO, K. M.; TOPPA, R. H.; CARDOSO-LEITE, E. Priority areas for forest conservation in an urban landscape at the transition between atlantic forest and cerrado. **CERNE**, Lavras, MG, v. 22, n. 3, p. 305-321, 2016. DOI: 10.1590/01047760201622032172. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cerne/a/j4hmXbRNPBk9NDZj7ZnYyRP/?lang=en>. Acesso em: 4 jun. 2025.

MELLO, P. L. H. de; MACHADO, R. B.; NOGUEIRA, C. da C. Conserving Biogeography: Habitat Loss and Vicariant Patterns in Endemic Squamates of the Cerrado Hotspot. **PLoS ONE**, [S. l.], v. 10, n. 8, p. e0133995, 2015. DOI: 10.1371/journal.pone.0133995. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0133995>. Acesso em: 4 jun. 2025.

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **A Convenção sobre Diversidade Biológica – CDB**. Brasília, DF, 2000. (Série Biodiversidade, n. 2). Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/textoconvenoportugus.pdf>. Acesso em: 23 jun. 2025.

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Painel de Unidades de Conservação Brasileiras**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente – Departamento de Áreas Protegidas, 2024. Disponível em: <https://cnuc.mma.gov.br/powerbi>. Acesso em: 20 jun. 2025.

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Portaria nº 9, de 23 de janeiro de 2007. **Dispõe sobre o reconhecimento de áreas prioritárias para a conservação, uso sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade brasileira**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 24 jan. 2007. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=199537>. Acesso em: 4 jul. 2025.

MOILANEN, A. *et al.* Prioritizing multiple-use landscapes for conservation: methods for large multi-species planning problems. **Proc. R. Soc. B: Biol. Sci.**, v. 272, p. 1885-1891, 2005.

MOILANEN, A. *et al.* **Zonation - spatial conservation planning methods and software**. Version 4. User Manual, 2014.

MOILANEN, A. Landscape zonation, benefit functions and target-based planning: unifying reserve selection strategies. **Biol. Conserv.**, v. 134, p. 571-579, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2006.09.008>. Acesso em: 23 jun. 2025.

MONTEIRO, L. M. *et al.* Evaluating the impact of future actions in minimizing vegetation loss from land conversion in the Brazilian Cerrado under climate change. **Biodiversity and Conservation**, [S. l.], v. 29, p. 1701-1722, 2020. DOI: 10.1007/s10531-018-1627-6. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10531-018-1627-6>. Acesso em: 4 jun. 2025.

MORAIS, A. R. *et al.* Unraveling the conservation status of data deficient species. **Biol. Conserv.**, v. 166, p. 98-102, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.06.010>. Acesso em: 3 jul. 2025.

MORENO, C. E. *et al.* Shortcuts for biodiversity evaluation: a review of terminology and recommendations for the use of target groups, bioindicators and surrogates. **Int. J. Environ. Health**, v. 1, p. 71-86, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1504/IJENVH.2007.012225>. Acesso em: 23 jun. 2025.

MYERS, N. *et al.* Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p. 853-855, 2000. Disponível em: https://sdmmp.com/upload/SDMMP_Repository/0/038n1thz2kcdwfpqs7jy6mrvvg4xb59.pdf. Acesso em: 24 jun. 2025.

NAIDOO, R. *et al.* Integrating economic costs into conservation planning. **Trends Ecol. Evol.**, v. 21, n. 12, p. 681-687, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tree.2006.10.003>. Acesso em: 23 jun. 2025.

OAKLEAF, J. R. *et al.* LegalGEO: Conservation tool to guide the siting of legal reserves under the Brazilian forest code. **Appl. Geogr.**, v. 86, p. 53-65, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2017.06.025>. Acesso em: 23 jun. 2025.

PEREIRA, E. O. *et al.* Mapping threatened canga ecosystems in the Brazilian savanna using U-Net deep learning segmentation and Sentinel-2 images: a first step toward conservation planning. **Biota Neotropica**, São Paulo, SP, v. 23, n. 1, p. e20221384, 2023. DOI: 10.1590/1676-0611-BN-2022-1384. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2022-1384>. Acesso em: 4 jun. 2025.

PLATTS, P. J. *et al.* Can distribution models help refine inventory-based estimates of conservation priority? A case study in the Eastern Arc forests of Tanzania and Kenya. **Divers. Distrib.**, v. 16, p. 628-642, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2010.00668.x>. Acesso em: 23 jun. 2025.

PORTUGAL, M. P. *et al.* Priority areas for jaguar *Panthera onca* conservation in the Cerrado. **Oryx**, [S. l.], v. 54, n. 6, p. 854-865, 2020. DOI: 10.1017/S0030605318000972. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/S0030605318000972>. Acesso em: 4 jun. 2025.

PRESSEY, R. L.; VISCONTI, P.; FERRARO, P. J. Making parks make a difference: poor alignment of policy, planning and management with protected-area impact, and ways forward. **Philos. Trans. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.**, v. 370, 20140280, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1098/rstb.2014.0280>. Acesso em: 23 jun. 2025.

PRESSEY, R. L.; POSSINGHAM, H. P.; MARGULES, C. R. Optimality in reserve selection algorithms: when does it matter and how much? **Biological Conservation**, v. 76, p. 259-267, 1996.

RAXWORTHY, C. J. *et al.* Predicting distributions of known and unknown reptile species in Madagascar. **Nature**, v. 426, p. 837-841, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/nature02205>. Acesso em: 23 jun. 2025.

RAZGOUR, O.; HANMER, J.; JONES, G. Using multi-scale modelling to predict habitat suitability for species of conservation concern: the grey long-eared bat as a case study. **Biol.**

Conserv., v. 144, p. 2922-2930, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2011.08.010>. Acesso em: 23 jun. 2025.

RESENDE, F. M. et al. Consequences of delaying actions for safeguarding ecosystem services in the Brazilian Cerrado. **Biological Conservation**, [S. l.], v. 234, p. 90-99, 2019. DOI: 10.1016/j.biocon.2019.03.009. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0006320718313077>. Acesso em: 4 jun. 2025.

RESENDE, F. M. *et al.* The importance of protected areas and indigenous lands in securing ecosystem services and biodiversity in the Cerrado. **Ecosyst. Serv.**, v. 49, Article 101282, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2021.101282>. Acesso em: 3 jul. 2025.

RIBEIRO, J. et al. An integrated trait-based framework to predict extinction risk and guide conservation planning in biodiversity hotspots. **Biological Conservation**, [S. l.], v. 195, p. 214-223, 2016. DOI: 10.1016/j.biocon.2015.12.042. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0006320715302214>. Acesso em: 4 jun. 2025.

RIBEIRO, M. C. *et al.* The Brazilian Atlantic Forest: a shrinking biodiversity hotspot. In: ZACHOS, F. E.; HABEL, J. C. (Ed.). **Biodiversity hotspots: distribution and protection of conservation priority areas**. 1. ed. London; New York: Springer, 2011. p. 405-434.

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

RONDON-NETO, R. M.; DOS SANTOS, J. R. S.; DA SILVA, M. A.; KOPPE, V. C. Potencialidades de uso de espécies arbustivas e arbóreas em diferentes fisionomias de cerrado, em Lucas do Rio Verde/MT. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 10, n. 2, p. 113-126, 2010.

ROSA, R. **Introdução ao sensoriamento remoto**. 2. ed. Uberlândia: EDUFU, 1992.

SABINO, J.; PRADO, P. I. **Perfil do conhecimento da diversidade de vertebrados no Brasil**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2000. 92 p.

SANO, E. E. *et al.* Cerrado ecoregions: a spatial framework to assess and prioritize Brazilian savanna environmental diversity for conservation. **J. Environ. Manag.**, v. 232, p. 818-828, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.11.108>. Acesso em: 3 jul. 2025.

SANO, E. E. *et al.* Land cover mapping of the tropical savanna region in Brazil. **Environ. Monit. Assess.**, v. 166, p. 113-124, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10661-009-0988-4>. Acesso em: 3 jul. 2025.

SANTOS, A. R. dos et al. Dynamics of environmental conservation: Evaluating the past for a sustainable future. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, [S. l.], v. 102, p. 102452, 2021. DOI: 10.1016/j.jag.2021.102452. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0303243421001598>. Acesso em: 4 jun. 2025.

SANTOS, R. F. **Planejamento ambiental**: teoria e prática. São Paulo: Oficina de Textos, 2004. 184 p.

SARKAR, S. *et al.* Biodiversity conservation planning tools: present status and challenges for the future. **Annual Review of Environment and Resources**, v. 31, p. 123-159, 2006.

SCHÜLER, J.; BUSTAMANTE, M. M. C. Spatial planning for restoration in Cerrado: Balancing the trade-offs between conservation and agriculture. **Journal of Applied Ecology**, [S. l.], v. 59, n. 10, p. 2616-2626, 2022. DOI: 10.1111/1365-2664.14262. Disponível em: <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1365-2664.14262>. Acesso em: 4 jun. 2025.

SCHWAIDA, S. F. *et al.* Defining priorities areas for biodiversity conservation and trading forest certificates in the Cerrado biome in Brazil. **Biodiversity and Conservation**, [S. l.], v. 32, p. 1807-1820, 2023. DOI: 10.1007/s10531-023-02578-y. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10531-023-02578-y>. Acesso em: 4 jun. 2025.

SCOTT, J. M. *et al.* Gap analysis: a geographic approach to protection of biological diversity. **Wildl. Monogr.**, n. 123, p. 3-41, 1993.

SILVA, A. W. de C. *et al.* The bulk of a plant hotspot: composition, species richness and conservation status of the Cerrado herbaceous–subshrub flora. **Folia Geobotanica**, v. 59, p. 39-49, 2024. DOI: 10.1007/s12224-024-09451-y. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12224-024-09451-y>. Acesso em: 4 jun. 2025.

SILVA, E. B. da; RIBEIRO, N. V.; FERREIRA, N. C.; BUENO, G. T.; SANTOS, A. C. dos; CARDOSO, M. R. D.; DISARZ, R. Mapeamento de campos de murundus no estado de Goiás. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 20., 2023, Florianópolis. **Anais do XX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. [S. l.]: [s. n.], 2023. p. 1140-1142. Disponível em: <http://marte2.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/marte2/2023/04.17.17.53/doc/155805.pdf>. Acesso em: 23 jun. 2025.

SILVA, D. C. *et al.* Biogeography and priority areas for the conservation of bats in the Brazilian Cerrado. **Biodiversity and Conservation**, [S. l.], v. 27, p. 815-828, 2018. DOI: 10.1007/s10531-017-1464-z. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10531-017-1464-z>. Acesso em: 4 jun. 2025.

SILVA, J. F. *et al.* Spatial heterogeneity, land use and conservation in the cerrado region of Brazil. **J. Biogeogr.**, v. 33, p. 536-548, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2005.01422.x>. Acesso em: 22 jun. 2025.

SILVA, J. M. C. Birds of the Cerrado Region, South America. **Steentrupia**, Copenhagen, v. 21, p. 69-92, 1995.

SILVANO, D. L.; VALDUJO, P. H.; COLLI, G. R. Priorities for Conservation of the Evolutionary History of Amphibians in the Cerrado. In: PELLENS, R.; GRANDCOLAS, P. (Eds.). **Biodiversity Conservation and Phylogenetic Systematics**: Preserving Our Evolutionary Heritage in an Extinction Crisis. Cham: Springer, 2016. DOI: 10.1007/978-3-319-

22461-9_14. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-319-22461-9_14. Acesso em: 4 jun. 2025.

SINERVO, B. *et al.* Erosion of lizard diversity by climate change and altered thermal niches. **Science**, v. 328, p. 894-899, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1126/science.1184695>. Acesso em: 20 jun. 2025.

SIQUEIRA, M. N.; FARIA, K. M. S. Analysis of the landscape dynamics in the municipality of Rio Verde, Goiás, Brazil: a tool to choose priority areas for conservation. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, MG, v. 31, 2019. DOI: 10.14393/SN-v31-2019-38832. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/sociedadennatureza/article/view/38832>. Acesso em: 4 jun. 2025.

SMITH, R. J.; GOODMAN, P. S.; MATTHEWS, W. S. Systematic conservation planning: a review of perceived limitations and an illustration of the benefits, using a case study from Maputaland, South Africa. **Oryx**, v. 40, p. 400-410, 2006.

SOARES-FILHO, B. *et al.* Cracking Brazil's Forest Code. **Science**, v. 344, p. 363-364, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1126/science.1246663>. Acesso em: 3 jul. 2025.

SOARES-FILHO, B. *et al.* Role of Brazilian Amazon protected areas in climate change mitigation. **Proc. Natl. Acad. Sci. Unit. States Am.**, v. 107, p. 10821-10826, 2010.

SOBRAL, F. L. *et al.* Spatial conservation priorities for top predators reveal mismatches among taxonomic, phylogenetic and functional diversity. **Nat. Conserv.**, v. 12, p. 150-155, 2014.

STRASSBURG, B. B. N. *et al.* Moment of truth for the Cerrado hotspot. **Nat. Ecol. Evol.**, v. 1, p. 1-3, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41559-017-0099>. Acesso em: 3 jul. 2025.

TIBBETT, M. Mining in ecologically sensitive landscapes: concepts and challenges. In: TIBBETT, M. (Ed.). **Mining in Ecologically Sensitive Landscapes**. Leiden: CSIRO Publishing, 2015.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Instituto de Biociências. Laboratório de Ecologia. **Aspectos do Cerrado: Relevância**. Disponível em: https://ecologia.ib.usp.br/cerrado/aspectos_relevancia.htm. Acesso em: 28 jun. 2025.

VALDUJO, P. H. *et al.* Anuran species composition and distribution patterns in Brazilian Cerrado, a neotropical hotspot. **S. Am. J. Herpetol.**, v. 7, n. 2, p. 63-78, 2012.

VALENTE, R. O. A.; VETTORAZZI, C. A. Multicriteria evaluation in the definition of priority areas for forest restoration, aiming at the sustainable water management. In: BILIBIO, C.; HENSEL, O.; SELBACH, J. (Ed.). **Sustainable water management in the tropics and subtropics and case studies in Brazil**. [S. l.]: UNIKASSEL, PGCUlt, UFMA, 2011. p. 377-406.

VANDERKAM, R. P.; WIERSMA, Y. F.; KING, D. J. Heuristic algorithms vs. linear programs for designing efficient conservation reserve networks: evaluation of solution optimality and processing time. **Biological Conservation**, v. 137, p. 349-358, 2007.

VASCONCELOS, T. S.; PRADO, V. H. M. Climate change and opposing spatial conservation priorities for anuran protection in the Brazilian hotspots. **Journal for Nature Conservation**, [S. l.], v. 49, p. 118-124, 2019. DOI: 10.1016/j.jnc.2019.04.003. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1617138118303212>. Acesso em: 4 jun. 2025.

WATSON, J. E. M. *et al.* Systematic Conservation Planning: Past, Present and Future. In: LADLE, R. J.; WHITTAKER, R. K. (Ed.). **Conservation Biogeography**. New York, NY: Wiley-Blackwell, 2011. p. 136-180.

WESTGATE, M. J. *et al.* Optimal taxonomic groups for biodiversity assessment: a meta-analytic approach. **Ecography**, v. 40, p. 539-548, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/ecog.02318>. Acesso em: 3 jul. 2025.

WHITTAKER, R. J. *et al.* Conservation Biogeography: assessment and prospect. **Diversity and Distributions**, v. 11, p. 3-23, 2005.

WILLIAMS, P. H. *et al.* Integrating biodiversity priorities with conflicting socio-economic values in the Guinean–Congolian forest region. **Biodivers. Conserv.**, v. 12, p. 1297-1320, 2003.

WUNDER, S.; ENGEL, S.; PAGIOLA, S. Taking stock: a comparative analysis of payments for environmental services programs in developed and developing countries. **Ecol. Econ.**, v. 65, n. 4, p. 834-852, 2008.

WWF. **PADDD no Brasil: redução, recategorização e extinção de unidades de conservação**. 2021. Infográfico. Disponível em: https://wwfbrnew.awsassets.panda.org/downloads/infografico_final.pdf. Acesso em: 29 jun. 2025.

ANEXO

Tabela 3. Informações dos artigos analisados constando os dados utilizados para a seleção de APC, objetivos da pesquisa, nível de resolução das unidades de planejamento, métodos utilizados para seleção das APC e os programas utilizados para tal, relativos ao bioma Cerrado.

(continua)

Referência	Dados	Objetivo	Resolução espacial/ Unidade De Planejamento	Área De Estudo	Método De Seleção	Programa
(Burbaro-Girón <i>et al.</i> , 2022)	composição (vertebrados terrestres), estrutura (ecossistemas) e função (grupos ecológicos)	apresentar um enfoque abrangente da conservação espacial da biodiversidade Neotropical através da inclusão de grupos representantes para três atributos da biodiversidade: Composição (8563 espécies), estrutura (663 ecossistemas) e função (5382 grupos ecológicos)	10 km x 10 km	alguns biomas e ecossistemas da região Neotropical	Programação Linear Inteira	software R
(Ribeiro <i>et al.</i> , 2016)	anfíbios (anuros)	avaliar o risco de extinção de anfíbios e identificar suas causas em um bioma biodiverso altamente alterado. Propor um método integrativo e com alto custo benefício para e avaliar e prever de forma precisa o risco de extinção, considerando a raridade das espécies, pressão sobre elas e a vulnerabilidade (baseada em características da espécie) a distúrbios.	-	Cerrado	sobreposição de mapas da distribuição das espécies com aspectos identificados como propensos à diminuição populacional ou como vulneráveis para a construção de mapas de calor com zonas com altos risco de extinção.	QGIS

Referência	Dados	Objetivo	Resolução espacial/ Unidade De Planejamento	Área De Estudo	Método De Seleção	Programa
(Siqueira; Faria, 2019)	uso e cobertura do solo	mapear o uso do solo no município de Rio Verde, compreendendo o uso antrópico e os remanescentes de vegetação nativa de formações do Cerrado nas últimas três décadas. Além de uma comparação da dinâmica da paisagem com base em métricas da paisagem, servindo de embasamento para zoneamento ambiental e identificação de fragilidades e potenciais.	municipal	Município de Rio Verde - GO	identificação dos fragmentos de vegetação nativa maiores que 100 há	Fragstats
(Gonçalves <i>et al.</i> , 2024)	plantas (Leguminosae)	A pesquisa teve como objetivo analisar o padrão de distribuição de coletas das espécies de Leguminosae no Maranhão, inferindo as áreas prioritárias para realização de coletas e conservação das espécies	1° x 1°	estado do Maranhão	áreas de maior riqueza com base em sobreposição da distribuição de espécies	Qgis
(Silva <i>et al.</i> , 2018)	morcegos	investigar de que forma os morcegos estão distribuídos no Cerrado e avaliar até que ponto eles estão sendo protegidos pelas unidades de conservação do bioma.	0.041° (4 km).	Cerrado	additive benefit function (ABF)	Zonation
(Vasconcelos; Prado, 2019)	anfíbios (anuros)	uso de ocorrências previstas de anfíbios, geradas para os recortes temporais atual, e futuros (2050 e 2070), abordando métricas biológicas e de conservação para identificar áreas prioritárias potenciais para conservação de anfíbios ao longo do tempo usando o software MARXAN.	50 km x 50 km	Cerrado e Mata Atlântica	simulated annealing (SA)	Marxan
(Maciel <i>et al.</i> , 2021)	plantas (árvores)	foram identificadas espécies arbóreas prioritárias para conservação e quantificadas mudanças na projeção da distribuição espacial em cenários climáticos futuros para estimar a efetividade do atual mosaico de Unidades de Conservação e Terras Indígenas no ecótono Cerrado Amazônia.	10 km x 10 km	Ecótono Cerrado Amazônia	áreas com maior riqueza de espécies com base em MDE	software R

Referência	Dados	Objetivo	Resolução espacial/ Unidade De Planejamento	Área De Estudo	Método De Seleção	Programa
(Resende <i>et al.</i> , 2019)	serviços ecossistêmicos	avaliar as consequências de se adiar ações para conservação voltadas à manutenção de serviços ecossistêmicos no Cerrado.	0,1 ° x 0,1 °	Cerrado	simulated annealing (SA)	Marxan
(Mello; Machado; Nogueira, 2015)	répteis	avaliar se os diferentes padrões biogeográficos e processos estão bem representados nas estratégias de conservação do Cerrado. Além de avaliar a influência da perda de habitats e a distribuição atual de áreas protegidas federais na priorização de conservação em diferentes cenários para o Cerrado.	10 km x 10 km	Cerrado	core area zonation (CAZ)	Zonation
(Borges; Fortunato; Loyola, 2021)	aves	avaliar como as mudanças climáticas e de uso e ocupação do solo projetadas até o ano de 2050 afetariam o aspecto taxonômico, filogenético e funcional da diversidade de aves do Cerrado.	0,5 ° x 0,5 °	Cerrado	áreas de maior riqueza	software R
(Schwaida <i>et al.</i> , 2023)	cobertura e fragmentos de vegetação	delimitação de áreas prioritárias para conservação da biodiversidade e compensação ambiental no bioma Cerrado para o estado brasileiro de Tocantins, com base em análise multicriterial.	municipal	Natividade, Chapada da Natividade e são Valério - TO	análise multicritério através de Combinação Linear Ponderada	Fragtstats e Conefor
(Faleiro; Machado; Loyola, 2013)	mamíferos terrestres	seleção de áreas para conservação de mamíferos terrestres no Cerrado levando em consideração mudanças climáticas e no uso da terra, bem como incertezas na modelagem da distribuição de espécies.	0,1 ° x 0,1 °	Cerrado	core area zonation (CAZ)	Zonation
(De Carvalho <i>et al.</i> , 2017)	aves	uso de MDE para realizar análise de lacunas e avaliar se táxons com sua distribuição relativamente ampla são mais protegidos em relação a táxons com distribuição menor. Além de avaliar se áreas protegidas maiores são mais eficientes do que áreas menores.	2.5 ' x 2.5 ' (~4.5 km x 4.5 km)	estado do Maranhão	sobreposição de mapas de riqueza de espécies (em que haja ocorrência de no mínimo 50%) com mapas de desflorestamento e remanescentes de vegetação nativa	software R

Referência	Dados	Objetivo	Resolução espacial/ Unidade De Planejamento	Área De Estudo	Método De Seleção	Programa
(De Carvalho <i>et al.</i> , 2010)	morcegos e mamíferos	mapear padrões espaciais de diversidade funcional e filogenética de morcegos e outros mamíferos não voadores do Cerrado e avaliar a efetividade de áreas protegidas em representar esse âmbito da biodiversidade.	1° x 1°	Cerrado	áreas com maior riqueza adquiridas através de modelagem.	software R
(Santos <i>et al.</i> , 2021)	uso e cobertura do solo	O estudo avalia a conservação ambiental da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Lobo, propondo integrar dois métodos de análise espacial com verificação local, usando AMC (análise multi-critério) para gerar cenários de conservação ambiental, modelagem do uso da terra baseado em RNA (redes neurais artificiais) e modelo de CA-Markov, além da aplicação de Processo Hierárquico Analítico (PHA).	bacia hidrográfica	Bacia hidrográfica do Ribeirão do Lobo (Itirapina - SP)	análise multicritério (AMC) e Combinação Linear Ponderada (CLP)	software IDRISI Selva e ArcGis
(Duarte; Ribeiro; Paglia, 2016)	serviços ecossistêmicos	com foco em qualidade dos habitats (indicador de biodiversidade) em serviços ecossistêmicos (sequestro de carbono e retenção de sedimentos), buscou-se: quantificar e espacializar tais serviços e o índice de qualidade dos habitats; identificar quais parâmetros influenciam na modelagem de serviços ecossistêmicos; avaliar a sobreposição e a sinergia entre serviços e o indicador de biodiversidade; indicar áreas prioritárias para conservação de serviços ecossistêmicos e da biodiversidade.	sub-bacias hidrográficas com área mínima de 36 km²	Quadrilátero Ferrífero - MG	seleção de 20% dos maiores valores do mapa de sobreposição das áreas dos modelos com conectividade entre as áreas	ArcGIS e R software
(Monteiro <i>et al.</i> , 2020)	plantas	identificar áreas prioritárias para conservação que minimizem o risco de conversão do uso do solo, ao mesmo tempo que consideram locais com grande importância para plantas ameaçadas de extinção sob um cenário de mudanças climáticas no Cerrado brasileiro.	0,01° x 0,01°	Cerrado	additive benefit function (ABF)	Zonation

Referência	Dados	Objetivo	Resolução espacial/ Unidade De Planejamento	Área De Estudo	Método De Seleção	Programa
(Brum <i>et al.</i> , 2019)	uso e cobertura do solo	prever o impacto de conservação de áreas protegidas do Cerrado estabelecidas recentemente com o intuito de verificar se as estratégias atuais de proteção do território serão efetivas em combater a perda de vegetação no futuro.	500 m x 500 m	Cerrado	mapa de densidade de Kernel com base nos valores de impacto de conservação das células que não foram classificadas como AP/TI.	software R
(Vieira-Alencar <i>et al.</i> , 2023)	vertebrados terrestres	mapear áreas prioritárias para conservação considerando a distribuição de vertebrados terrestres e avaliar como e qual a extensão da perda de habitat e fragmentação reduzem oportunidades para conservação.	20 km ² (0.0416 67°)	Cerrado	core area zonation (CAZ)	Zonation
(Jorge <i>et al.</i> , 2017)	cobertura e fragmentos de vegetação	identificação de áreas prioritárias para a conservação e recuperação no município brasileiro de Santa Lúcia - SP.	municipal	Município de Santa Lúcia - SP	fragmentos de Cerrado com áreas maiores que 50 hectares e com índice de forma próximo a 1	ArcGis
(Pereira <i>et al.</i> , 2023)	uso e cobertura do solo	identificar e mapear ecossistemas de canga utilizando imagens do satélite Sentinel-2 e a ferramenta de inteligência artificial U-Net rede neural convolucional. E também estimar o grau de ameaça direta sofrida por esses ecossistemas através da sobreposição das áreas de ocorrência das cangas e as concessões para mineração para exploração do minério de ferro.	1250 km ² (50 km × 25 km)	Valo do Rio Peixe Bravo	rede neural convolucional U-Net	softwares R, Qgis e Google Earth Pro
(Couto; Smith; Teixeira, 2011)	uso e cobertura do solo	identificação de áreas prioritárias para a conservação e recuperação nos municípios goianos de Goiânia e Inhumas e as bacias do rio Meia Ponte e a do rio João Leite , a partir de ajustes no modelo matemático de programação não linear proposto por Couto <i>et al.</i> (2010).	municipal e bacia hidrográfica	município de Goiânia e Inhumas e bacias hidrográficas	modelo matemático de programação não linear	softwares Language m C e ArcGis

Referência	Dados	Objetivo	Resolução espacial/ Unidade De Planejamento	Área De Estudo	Método De Seleção	Programa
(Diniz-Filho <i>et al.</i> , 2012)	plantas (populações de <i>Dipteryx alata</i>)	aplicar o protocolo do Planejamento Sistemático da Conservação (PSC) para definir prioridades na conservação de <i>Dipteryx alata</i> (Fabaceae). Além de procurar soluções ótimas delimitando o menor conjunto de populações locais de <i>D. alata</i> a serem conservadas para representar a diversidade genética atualmente conhecida da espécie de forma in situ.	-	bacias do rio Meia Ponte e a do rio João Leite"	simulated annealing (SA)	FSTAT 2.9.3.2
(De Carvalho <i>et al.</i> , 2024)	aves	avaliar os impactos potenciais das mudanças climáticas em cenários futuros na distribuição e no status de conservação de 24 espécies de aves ameaçadas de extinção numa região de ecótono no estado do Maranhão.	2,5 ' x 2,5 ' (~4.5km x 4.5 km)	comunidades de <i>Dipteryx alata</i>	MAxEnt (MDE)	software R
(Silvano; Valdujo; Colli, 2016)	anfíbios	análise de lacunas buscando avaliar o estado de proteção de espécies de anuros endêmicas do Cerrado. Além da seleção de áreas prioritárias para conservação no bioma, baseadas na abordagem de planejamento sistemático da conservação considerando atributos das espécies como um critério de priorização, como sua filogenia e distribuição.	sub-bacias hidrográficas	estado do Maranhão	simulated annealing (SA)	Marxan
(Mello; Toppa; Cardoso-Leite, 2016)	cobertura e fragmentos de vegetação	determinar áreas prioritárias para conservação florestal em uma paisagem urbana. Tendo como objetivos específicos: avaliar a estrutura da floresta baseando-se em métricas da paisagem; desenvolver um índice de prioridade de conservação; desenvolver estratégias para manter a conservação florestal e seus serviços ecossistêmicos em paisagens antrópicas.	municipal	Cerrado	índice de classificação das áreas baseado em métricas da paisagem	softwares ArcGis e R

Referência	Dados	Objetivo	Resolução espacial/ Unidade De Planejamento	Área De Estudo	Método De Seleção	Programa
(Portugal <i>et al.</i> , 2020)	<i>Panthera onca</i> (onça)	avaliar a atual distribuição das onças no Cerrado em uma resolução detalhada de acordo com condições ambientais e antropogênicas, além de identificar e priorizar potenciais unidades de conservação para onças e revisar ações de manejo propostas nas unidades de conservação para a espécie.	250 m	Município de Sorocaba - SP	additive benefit function (ABF)	Zonation
(Schüler; Bustamante, 2022)	anfíbios, répteis, aves, mamíferos, gramíneas, herbáceas, árvores e palmeiras	investigar compensações entre conservação da biodiversidade, serviços ecossistêmicos relacionados a ambientes aquáticos, estocagem de carbono, expansão da agricultura em um cenário de restauração de pastagens no Cerrado.	1 km x 1 km	Cerrado	additive benefit function (ABF)	Zonation
(Ballesteros-Mejia; Lima; Collevatti, 2020)	plantas	descrever padrões de variação genética de plantas no bioma do Cerrado, destacando áreas com grande diversidade e áreas prioritárias para conservação, além de analisar a importância relativa de características ambientais e ações humanas nos padrões de variação genética.	0,5° x 0,5°	Cerrado (pastagens)	áreas de maior riqueza e menor representação em áreas protegidas (algoritmo K-means)	software R
(De Castilho Silva <i>et al.</i> , 2024)	plantas herbáceas e subarbustos	reunir informações sobre a flora herbácea e subarbusiva do Cerrado; determinar a importância das famílias mais comuns, gêneros e espécies que compõem a flora do bioma, mapear áreas com grande riqueza de espécies no Cerrado e avaliar o estado de proteção de Unidades de Conservação em relação a flora analisada e a conservação de suas espécies.	50 km x 50 km	Cerrado	áreas de maior riqueza com base em sobreposição da distribuição de espécies	ArcGIS

Referência	Dados	Objetivo	Resolução espacial/ Unidade De Planejamento	Área De Estudo	Método De Seleção	Programa
(Velazco <i>et al.</i> , 2023)	plantas	entender a relação entre uma porção representativa da flora do Cerrado, perda de vegetação nativa e a fronteira entre três países. Além de identificar áreas prioritárias para expansão de áreas protegidas a nível nacional e internacional considerando o status de conservação de diferentes espécies, a administração de cada país e desmatamento.	10 km x 10 km	Cerrado	additive benefit function (ABF) e core-area Zonation (CAZ)	Zonation