



**INSTITUTO LATINO-AMERICANO DE
CIÊNCIAS DA VIDA E DA NATUREZA
(ILACVN)**

**CIÊNCIAS BIOLÓGICAS - ECOLOGIA E
BIODIVERSIDADE**

**PRIORIZAÇÃO DE ÁREAS PARA A CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE NO
CERRADO BRASILEIRO:
UMA ORDENAÇÃO BASEADA NA DISTRIBUIÇÃO DE TÁXONS AMEAÇADOS**

DOUGLAS RANGEL BATISTA MONTEIRO

Foz do Iguaçu
2023



**INSTITUTO LATINO-AMERICANO DE
CIÊNCIAS DA VIDA E DA NATUREZA
(ILACVN)**

**CIÊNCIAS BIOLÓGICAS - ECOLOGIA E
BIODIVERSIDADE**

**PRIORIZAÇÃO DE ÁREAS PARA A CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE NO
CERRADO BRASILEIRO:
UMA ORDENAÇÃO BASEADA NA DISTRIBUIÇÃO DE TÁXONS AMEAÇADOS**

DOUGLAS RANGEL BATISTA MONTEIRO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Latino-Americano de Ciências da Vida e da Natureza da Universidade Federal da Integração Latino-Americana, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas – Ecologia e Biodiversidade.

Orientador: Prof. Dr. Peter Lowenberg Neto.

Foz do Iguaçu
2023

DOUGLAS RANGEL BATISTA MONTEIRO

PRIORIZAÇÃO DE ÁREAS PARA A CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE NO
CERRADO BRASILEIRO: UMA ORDENAÇÃO BASEADA NA DISTRIBUIÇÃO DE
TÁXONS AMEAÇADOS

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Instituto Latino-Americano
de Ciências da Vida e da Natureza da
Universidade Federal da Integração
Latino-Americana, como requisito parcial à
obtenção do título de Bacharel em Ciências
Biológicas – Ecologia e Biodiversidade.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Peter Lowenberg Neto
UNILA

Prof. Dr^a. Maelin da Silva
UNILA

Prof. Dr^a. Marcia Aparecida Procopio da Silva Scheer
UNILA

Foz do Iguaçu, 07 de Junho de 2023.

TERMO DE SUBMISSÃO DE TRABALHOS ACADÊMICOS

Nome completo do autor(a): _____

Curso: _____

Tipo de Documento	
<input checked="" type="checkbox"/> graduação	<input type="checkbox"/> artigo
<input type="checkbox"/> especialização	<input checked="" type="checkbox"/> trabalho de conclusão de curso
<input type="checkbox"/> mestrado	<input type="checkbox"/> monografia
<input type="checkbox"/> doutorado	<input type="checkbox"/> dissertação
	<input type="checkbox"/> tese
	<input type="checkbox"/> CD/DVD – obras audiovisuais
	<input type="checkbox"/>

Título do trabalho acadêmico: _____

Nome do orientador(a): _____

Data da Defesa: ____/____/____

Licença não-exclusiva de Distribuição

O referido autor(a):

a) Declara que o documento entregue é seu trabalho original, e que o detém o direito de conceder os direitos contidos nesta licença. Declara também que a entrega do documento não infringe, tanto quanto lhe é possível saber, os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade.

b) Se o documento entregue contém material do qual não detém os direitos de autor, declara que obteve autorização do detentor dos direitos de autor para conceder à UNILA – Universidade Federal da Integração Latino-Americana os direitos requeridos por esta licença, e que esse material cujos direitos são de terceiros está claramente identificado e reconhecido no texto ou conteúdo do documento entregue.

Se o documento entregue é baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não a Universidade Federal da Integração Latino-Americana, declara que cumpriu quaisquer obrigações exigidas pelo respectivo contrato ou acordo.

Na qualidade de titular dos direitos do conteúdo supracitado, o autor autoriza a Biblioteca Latino-Americana – BIUNILA a disponibilizar a obra, gratuitamente e de acordo com a licença pública *Creative Commons Licença 3.0 Unported*.

Foz do Iguaçu, 7 de Junho de 2023.

Assinatura do Responsável

Dedico este trabalho às futuras gerações, para que possam viver em harmonia com um Cerrado conservado, em especial, à minha sobrinha Anny Mattos Monteiro.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer aos meus pais por sempre terem buscado investir nos meus estudos e proporcionar uma qualidade de vida excepcional. Sei o tanto que foi árduo, ao longo desses 5 anos e meio, as despesas se acumulam e um filho a menos para ajudar a administrar a Monteiro Calçados. Por isso e muito mais, só tenho a agradecê-los. A distância foi a principal inimiga, mais de 2 mil km de distância nos separando, o medo constante de algo acontecer e não pudermos estar aqui para me ajudar. Amo voltar para casa e ver os olhares de orgulho ao verem que o filho está tendo o melhor ensino oferecido por uma Universidade Federal de qualidade com renome internacional. Agradeço pelo apoio, vocês são a minha base!

Agradeço aos meus irmãos pelo apoio. Agradeço a meus familiares que sempre me apoiaram e buscaram saber como eu estava, em especial minha prima Nayara. Agradeço aos meus tios, tias, primos e agregados por sempre demonstrarem preocupação com meu bem estar e por conformar meus pais por conta da distância, sempre dizendo que era por um bem maior, eu estava em busca do meu futuro.

Agradeço a cada pessoa que passou pela minha vida aqui em Foz do Iguaçu, em especial a minha irmã de coração Karol. Você por muito tempo foi a minha família aqui, sempre que acontecia algo, bom ou ruim, você era a primeira pessoa que eu pensava em contar. Nos trabalhos acadêmicos nós éramos sempre dupla, nas saídas de campo a torcida era sempre para cairmos no mesmo grupo. Às vezes rolava uma briga, mas nada que abalasse nossa amizade, afinal, irmãs de verdade brigam kkk! Saudades de você amiga, espero um dia ir te visitar ai nos "States".

Agradeço também às minhas amigas e amigos que fiz na biologia, a Liz, Amanda, Katrinny, Liciane, Nat, Majo, Juliana, Óscar, Angél, Vanessa, Carol e tantos outros. Alguns seguiram outros rumos, mas saibam que sempre terão minha amizade. Agradeço aos meus amigos hispanos que sempre demonstraram muito carinho por mim, um menino que veio do norte do Brasil cuja o convívio com outras culturas era quase zero. Aos meus amigos colombianos, nunca os esquecerei! Afinal meu sotaque é de lá *jajaja!*

Aos meus colegas e amigos de curso, gostaria de agradecer por me

aturarem. Gostaria de agradecer em especial a Valéria por sempre ter sido a luz no fim do túnel para nós mortais que demoram eternidades para assimilar muitos conteúdos, sem você eu não chegaria até aqui (eu te disse que faria isso kk). Ao Jorge, Antonella, Lina, AlejandraS, Larissa, Celeste, Laura, Eric, Helóisa, Vinicius, Luana e tantos outros. Agradeço as minhas veteranas que sempre buscaram me apoiar e dar dicas super importantes, como não adiantar ecologia no terceiro período kk, em especial a Sara, Josi, Iza e Celeste. Ao pessoal de biotec.

Agradeço também a todas as pessoas que me ajudaram a enfrentar a distância de casa. Grandes amigos que fiz em Foz que levarei para a vida, ao Henrique, Paulo, Ramon e tantos outros que, com o tempo fomos nos separando, entretanto, fizeram parte da minha vida em algum momento. Ao pessoal que compartilhei a casa ao longo desse tempo.

A UNILA pelo investimento em um ensino de qualidade, proporcionando as melhores experiências que poderia ter em uma graduação. Agradeço a cada professor que contribuiu de forma consistente para a minha formação como biólogo. A Prof^ª Dra. Laura Cristina Pires Lima pela oportunidade de estagiar no Herbário Evaldo Buttura e desenvolver um carinho enorme pela botânica. Aos professores de Ecologia por me mostrarem uma nova forma de ver o mundo, bem complexa diga-se de passagem. Aos professores das áreas de Conservação, Zoologia, Botânica, Evolução, Bio do Desenvolvimento e tantos outros.

Agradeço ao meu orientador, o Prof Dr. Peter Lowenberg Neto pelo tempo dedicado ao meu trabalho e a todas as correções realizadas. Recebo cada dica com bastante atenção e levarei para a vida. Agradeço, por fim, a banca por terem aceitado avaliar este trabalho no qual desprendi muito suor para concretizá-lo.

*Ao meu passado
Eu devo o meu saber e a minha ignorância
As minhas necessidades, as minhas relações
A minha cultura e o meu corpo
Que espaço o meu passado deixa para a minha
liberdade hoje?
Não sou escrava dele
Simone de Beauvoir*

RESUMO

A utilização dos recursos naturais de forma desmedida acarretou o que hoje podemos chamar de crise da biodiversidade. A Biologia da Conservação é uma ciência que busca desenvolver, de maneira categórica, soluções que auxiliem na preservação da natureza. A alocação de esforços deve seguir uma lógica mediada pela maximização de conservação sob recursos limitados, direcionando-os de forma estratégica a partir de um Planejamento Sistemático para a Conservação. O Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro, resguardando em sua distribuição áreas com alto nível de endemismo de organismos, associados a complexa heterogeneidade ambiental. Somado a isso, a exorbitante exploração deste bioma, principalmente através da conversão de áreas naturais para terras agricultáveis, fez com que tal fosse classificado como um *hotspot* mundial da biodiversidade. As principais ameaças à biodiversidade são fruto da necessidade de expansão humana em busca de artifícios para a sobrevivência, como expansão de centros urbanos e agropecuária. A degradação das áreas de ocorrência das espécies contribui para a uma piora no seu *status* de ameaça, medido pela IUCN. Cerca de 91 espécies que estão distribuídas pelo Cerrado são classificadas nas 4 principais categorias de ameaça. A rede de unidades de conservação é o principal meio para promover a perpetuação das espécies ao longo do bioma, a partir da proteção de regiões cuja importância de conservação é mais acentuada. Considerando a distribuição dos 91 táxons classificados nas principais categorias de ameaça de extinção, este trabalho buscou indicar áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade terrestre do Cerrado. Para isso foi utilizado o programa computacional *Zonation* seguindo a regra de perda marginal atribuída pela *Additive Benefit Function* (ABF), pesando a prioridade de cada espécie através dos critérios de ameaça da IUCN (Criticamente ameaçada, Em Perigo, Vulnerável e Quase Ameaçada) e a sobreposição dos polígonos das 91 espécies no Cerrado brasileiro. Como critério de corte, apenas as células (com tamanho padrão de 0,25°x0,25°) que apresentavam valor $\geq 0,80$ foram consideradas prioritárias. As áreas resultantes também foram contrastadas com as áreas protegidas existentes, sendo excluídas aquelas que já estavam sob proteção. Testes relacionados com a acurácia na escolha das áreas foram realizados, para comparação com escolha de áreas aleatórias e flexibilidade. Como resultado final, um mapa com 442 áreas prioritárias foi formado, distribuído pelas 13 unidades federativas que compõem o Cerrado. A maior porção ocorreu nos estados pertencentes à região Centro-Oeste (50,6%) e a menor na região Sul (0%). O estado que obteve maior quantitativo de sobreposição das áreas prioritárias em detrimento das células priorizadas foi o Tocantins (50%). A curva de desempenho e o histograma, lidos concomitantemente com o mapa, revelaram que a conservação destas áreas contemplaria toda a distribuição das espécies mais ameaçadas e pelo menos 10% das menos ameaçadas. As análises adicionais de flexibilidade e aleatorização concluíram que a escolha das áreas a partir dos critérios são as melhores possíveis para os recursos utilizados. Considerando os resultados dessa análise, uma proposta de estudos relacionado, por exemplo, a mitigação de impactos com foco em cada área prioritária, acentuando os principais impactos negativos da região, é recomendável.

Palavras-chave: Biologia da Conservação; Planejamento Sistemático; *Zonation*; Biogeografia;

RESUMEN

El uso excesivo de los recursos naturales ha llevado a lo que ahora podemos llamar una crisis de la biodiversidad. La Biología de la Conservación es una ciencia que busca categóricamente desarrollar soluciones que ayuden a preservar la naturaleza. La asignación de esfuerzos debe seguir una lógica mediada por la maximización de la conservación bajo recursos limitados, orientándose estratégicamente desde una Planificación Sistemática para la Conservación. El Cerrado es el segundo mayor bioma brasileño, protegiendo en su distribución áreas con alto nivel de endemismo de organismos, asociado a una compleja heterogeneidad ambiental. Sumado a esto, la explotación excesiva de este bioma, principalmente a través de la conversión de áreas naturales en tierras de cultivo, lo ha convertido en un hotspot de biodiversidad mundial. Las principales amenazas a la biodiversidad son el resultado de la necesidad de expansión humana en busca de artificios para la supervivencia, como la expansión de los centros urbanos y la agricultura. La degradación de las áreas de ocurrencia de la especie contribuye a un empeoramiento de su estado de amenaza, medido por la UICN. Alrededor de 91 especies que se distribuyen por el Cerrado se clasifican en las 4 categorías principales de amenazas. La red de unidades de conservación es el principal medio para promover la perpetuación de las especies en todo el bioma, a partir de la protección de las regiones cuya importancia para la conservación es más pronunciada. Considerando la distribución de los 91 taxones clasificados en las principales categorías de amenaza de extinción, este trabajo buscó señalar áreas prioritarias para la conservación de la biodiversidad terrestre en el Cerrado. Para ello se utilizó el programa informático Zonation, siguiendo la regla de pérdida marginal atribuida por la Función de Beneficio Aditivo (ABF), ponderando la prioridad de cada especie a través de los criterios de amenaza de la UICN (En Peligro Crítico, En Peligro, Vulnerable y Casi Amenazada) y la superposición polígonos de 91 especies en el Cerrado brasileño. Como criterio de corte, solo se consideran prioritarias las celdas (con un tamaño estándar de 0,25°x0,25°) que presentaban un valor $\geq 0,80$. Las áreas resultantes también se contrastaron con las áreas protegidas existentes, excluyendo aquellas que ya estaban bajo protección. Se realizaron pruebas relacionadas con la precisión en la elección de áreas, para comparación con la elección de áreas aleatorias y flexibilidad. Como resultado final, se formó un mapa con 442 áreas prioritarias, distribuidas en las 13 unidades federativas que componen el Cerrado. La mayor porción ocurrió en los estados pertenecientes a la región Centro Oeste (50,6%) y la menor en la región Sur (0%). El estado que obtuvo la mayor cantidad de superposición de áreas prioritarias en detrimento de las celdas priorizadas fue Tocantins (50%). La curva de desempeño y el histograma, leídos simultáneamente con el mapa, revelaron que la conservación de estas áreas contemplaría toda la distribución de las especies más amenazadas y al menos el 10% de las menos amenazadas. Los análisis adicionales de flexibilidad y aleatorización concluyeron que la elección de áreas en función de los criterios es la mejor posible para los recursos utilizados. Considerando los resultados de este análisis, se recomienda una propuesta de estudios relacionados, por ejemplo, la mitigación de impactos con enfoque en cada área prioritaria, acentuando los principales impactos negativos en la región.

Palabras llave: Biología de la Conservación; Planificación Sistemática; Zonificación; Biogeografía;

ABSTRACT

The excessive use of natural resources has led to what we can now call a biodiversity crisis. Conservation Biology is a science that categorically seeks to develop solutions that help preserve nature. The allocation of efforts must follow a logic mediated by the maximization of conservation under limited resources, strategically directing them from a Systematic Planning for Conservation. The Cerrado is the second largest Brazilian biome, protecting in its distribution areas with a high level of endemism of organisms, associated with complex environmental heterogeneity. Added to this, the exorbitant exploitation of this biome, mainly through the conversion of natural areas to arable land, has made it classified as a world biodiversity hotspot. The main threats to biodiversity are the result of the need for human expansion in search of resources for survival, such as the expansion of urban centers and agriculture. The degradation of the species' areas of occurrence contributes to a worsening of its threat status, measured by the IUCN. About 91 species that are distributed across the Cerrado are classified into the 4 main threat categories. The network of conservation units is the main means of promoting the perpetuation of species throughout the biome, based on the protection of regions whose conservation importance is more pronounced. Considering the distribution of the 91 taxa classified in the main categories of threat of extinction, this work sought to indicate priority areas for the conservation of terrestrial biodiversity in the Cerrado. For this, the Zonation computer program was used, following the marginal loss rule attributed by the Additive Benefit Function (ABF), weighing the priority of each species through the IUCN threat criteria (Critically Endangered, Endangered, Vulnerable and Near Threatened) and the overlapping polygons of 91 species in the Brazilian Cerrado. As a cut-off criterion, only cells (with a standard size of $0.25^{\circ} \times 0.25^{\circ}$) that presented a value ≥ 0.80 were considered priority. The resulting areas were also contrasted with existing protected areas, excluding those that were already under protection. Tests related to the accuracy in the choice of areas were performed, for comparison with the choice of random areas and flexibility. As a final result, a map with 442 priority areas was formed, distributed across the 13 federative units that make up the Cerrado. The largest portion occurred in the states belonging to the Midwest region (50.6%) and the smallest in the South region (0%). The state that obtained the highest amount of overlapping of priority areas to the detriment of prioritized cells was Tocantins (50%). The performance curve and the histogram, read concurrently with the map, revealed that the conservation of these areas would contemplate the entire distribution of the most threatened species and at least 10% of the least threatened. Additional flexibility and randomization analysis concluded that the choice of areas based on the criteria is the best possible for the resources used. Considering the results of this analysis, a proposal for related studies, for example, the mitigation of impacts with a focus on each priority area, accentuating the main negative impacts in the region, is recommended.

Keywords: Conservation Biology; Systematic Planning; Zonation; Biogeography;

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Mapa da Área de distribuição do Cerrado no Brasil.....	26
Figura 2 - Mapa de Distribuição das Unidades de Conservação (UC's) pelo Cerrado.....	34
Figura 3 - Mapa resultante da priorização de áreas (cel) - total, utilizando a regra de perda marginal função de benefício aditivo.....	37
Figura 4 - Curvas de desempenho na cobertura dos recursos.....	38
Figura 5 - Histograma representando a cobertura da área das espécies pelas áreas prioritárias $\geq 80\%$	39
Figura 6 - Mapa de distribuição das áreas prioritárias, unidades de conservação e áreas de sobreposição entre ambas.....	40
Figura 7 - Histograma resultante da análise aleatória e seleção de áreas prioritárias (cel) $\geq 80\%$	43
Figura 8 - Mapa de Flexibilidade das Áreas Prioritárias - Total.....	44

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Quantitativo de indicadores da biodiversidade utilizados na priorização.....	27
Quadro 2: Atribuição de pesos para os indicadores da Biodiversidade.....	30
Quadro 3: Número de células e porcentagem correspondente ao Cerrado, por estado, após poligonização.....	32

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Número de células protegidas atualmente por Unidades de Conservação (UC's) em cada Estado.....	35
Gráfico 2 - Porcentagem de Distribuição das Áreas Prioritárias (442 cel) pelas Unidades Federativas inseridas no Cerrado.....	42

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABF	Função de Benefício Aditivo
BA	Bahia
Cel	Célula
CR	Criticamente Ameaçado
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Agropecuária
EN	Em Perigo
GO	Goiás
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia Estatística
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IUCN	União Internacional da Conservação da Natureza
MA	Maranhão
MG	Minas Gerais
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MS	Mato Grosso do Sul
MT	Mato Grosso
NT	Quase Ameaçado
PA	Pará
PI	Piauí
PR	Paraná
PSC	Planejamento Sistemático para a Conservação
RO	Rondônia
SIRGAS	Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
SP	São Paulo
TO	Tocantins
UC	Unidade de Conservação
UF	Unidade Federativa

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	16
1.1 BIOLOGIA DA CONSERVAÇÃO.....	16
1.2 CARACTERIZAÇÃO DO BIOMA.....	18
1.3 CONSERVAÇÃO BIOLÓGICA E CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO.....	21
2 OBJETIVOS.....	24
2.1 OBJETIVO GERAL.....	24
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	24
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	25
3.1 ÁREA DE ESTUDO.....	25
3.2 ATRIBUTOS DA BIODIVERSIDADE.....	27
3.3 DADOS DE DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA.....	28
3.4 ANÁLISE DE DADOS.....	29
3.4.1 Interpretação dos resultados.....	30
3.4.2 Análises de Pós-Processamento.....	31
3.5 VERIFICAÇÃO DAS ÁREAS PRIORITÁRIAS.....	32
3.5.1 Sobreposição em Áreas Protegidas.....	33
4 RESULTADOS.....	36
4.1 ANÁLISES ADICIONAIS.....	42
5 DISCUSSÃO.....	45
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	52
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54
APÊNDICES.....	60
APÊNDICE A - Mapa de uso e ocupação da terra no Cerrado brasileiro.....	60
APÊNDICE B - Lista de espécies utilizadas para a priorização.....	61
APÊNDICE C - Área de distribuição de espécies Criticamente Ameaçadas (n=4)....	64
APÊNDICE D - Área de distribuição de espécies Em Perigo (en) (n=13).....	65
APÊNDICE E - Área de distribuição de espécies Vulneráveis (n=35).....	66
APÊNDICE F - Área de distribuição de espécies Quase Ameaçadas (n=39).....	67
APÊNDICE G - Quantitativo de Unidades de Conservação no Cerrado por estado..	68
APÊNDICE H - Sobreposição das Unidades de Conservação existentes e Áreas Prioritárias.....	69
APÊNDICE I - Lista de Unidades de Conservação sobrepostas.....	70

1 INTRODUÇÃO

1.1 BIOLOGIA DA CONSERVAÇÃO

A Biologia da Conservação é considerada uma disciplina de crise, pois surgiu a partir da constatação de que a diversidade biológica sofria grande ameaça derivada do uso inconsequente dos recursos naturais (SOULÉ, 1985). Sua construção é pautada na junção de uma gama de informações extraídas a partir de disciplinas da biologia tradicional associada a aspectos sociológicos, antropológicos, políticos e de diversas outras áreas do conhecimento, resultando no caráter de uma ciência multidisciplinar (RODRIGUES, 2002). A construção da ação na Biologia da Conservação é estruturada em dois principais objetivos, o primeiro busca entender quais são os impactos antrópicos na natureza, levando em consideração todos os níveis organizacionais, e o subsequente perscruta desenvolver abordagens práticas para prevenir a extinção de espécies e, se possível, reintegrar as espécies ameaçadas ao seu ecossistema funcional (PRIMACK; RODRIGUES, 2006). A grande diferença da Biologia da Conservação para as demais disciplinas se dá no alto peso atribuído para preservação a longo prazo de todo ecossistema enquanto, concomitantemente, aloca questões relacionadas aos fatores econômicos em um segundo plano (PRIMACK; RODRIGUES, 2006).

Ao longo do desenvolvimento desta nova ciência, os métodos utilizados para a obtenção e instauração do conhecimento teórico-prático foram, muitas vezes, baseados em experiências prévias de colaboradores próximos e alguns poucos exemplos práticos, omitindo os dados reais do caso em questão, levando à tomadas de decisões insatisfatórias para a conservação (KAREIVA & MARVIER, 2012). Atualmente, a deliberação no âmbito teórico da Biologia da Conservação é respaldada no máximo de dados disponíveis intrínsecos à problemática, visando identificar quais ações em quais lugares produzirão os maiores impactos de conservação sob a restrição de recursos limitados (WILSON *et al.*, 2007).

Segundo Pressey *et al.* (1993), o uso de critérios explícitos para a determinação de áreas importantes resultaria em estratégias melhores para a conservação da biodiversidade. A partir desta exigência vigente de atribuir a unicidade em diferentes problemáticas de conservação, surge a necessidade fundamental de aplicação de estratégias voltadas ao Planejamento Sistemático para

a Conservação (PSC) e a definição formal de prioridades (MARGULES & PRESSEY, 2000). A premissa do PSC é que o aconselhamento baseado em evidências promove transparência e responsabilidade ao gerenciar decisões difíceis e carregadas de valor para a conservação (MCINTOSH, 2017). Por ser uma vertente focada em fornecer apoio à decisão sobre a alocação de recursos para a conservação da biodiversidade, o Planejamento Sistemático para a Conservação possui em seu escopo uma gama de métodos de priorização espacial cujas aplicações atualmente se diversificaram grandemente (MARGULES & PRESSEY 2000, MARGULES & SARKAR 2007).

As ferramentas mais utilizadas para a seleção de áreas prioritárias são algoritmos que aplicam regras categóricas para identificar conjuntos de áreas (MOILANEN *et al.*, 2009), podendo ser trabalhado sobre pacotes de dados de espécies ou qualquer outro nível de organização escolhido, como tipo de uso da terra e disponibilidade de hábitat, por exemplo (PINTO & BINI 2008). Na América Latina, apesar da construção da conservação respaldada no Planejamento Sistemático ser relativamente recente, Pinto & Grelle (2009) argumentam que os esforços nessa área são de bastante importância para seleção e implementação de reservas na prática, incentivando a utilização de informações espaciais da diversidade e, conseqüentemente, resultando em uma ação efetiva para a conservação neste território.

A grande questão permeante ao Planejamento Sistemático para a Conservação representa um viés social, uma vez que a biodiversidade não é a única entidade afetada pelas ações e políticas de conservação, tendo em vista que a proteção de espécies e ecossistemas vulneráveis muitas vezes entra em conflito com a expansão das necessidades humanas (KAREIVA & MARVIER, 2012). Os lugares e recursos que serão destinados à conservação são restritos. Uma alternativa tomada pelo Planejamento Sistemático para a Conservação consiste na atribuição de custos para a conservação durante o processo de seleção de áreas, de maneira que os escassos recursos sejam mais eficientemente direcionados (PRESSEY *et al.*, 1993).

Além da conservação, existem outros tipos de usos aos quais pode ser destinada a terra, como recreação, habitação humana, agricultura, desenvolvimento industrial, extração de recursos e pecuária. Cada alternativa de uso e cobertura da terra que se opõem à conservação pode ser adicionada à análise

com diferentes pesagens, uma vez que apresentam graus de impacto e nível de investimento variáveis. Um conjunto de áreas prioritárias pode ser selecionado de maneira a otimizar custos de oportunidades, mas mantendo como objetivo principal atingir as metas de conservação (PINTO & GRELE, 2009). Os custos atribuídos às áreas podem não ser econômicos ou indicadores de valor econômico, mas outras variáveis cujo objetivo é minimizar durante o processo de seleção de reservas. Os indicadores de alteração de habitat são muito usados como custos nesses estudos para que as redes não contenham áreas muito degradadas (RODRIGUES *et al.*, 2004). O planejamento da conservação é, portanto, uma atividade em que os imperativos sociais, econômicos e políticos modificam, às vezes drasticamente, as prescrições científicas (MARGULES & PRESSEY, 2000). Por isso, se tem a importância de conhecer as peculiaridades do local de priorização para que ocorra uma prática efetiva na implementação.

1.2 CARACTERIZAÇÃO DO BIOMA

O Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro, sendo superado em área apenas pela Amazônia. Ocupa cerca de 23,92% do território nacional, contando com uma área de mais de 2 milhões de km² (OLIVEIRA & MARQUIS, 2002). O termo Cerrado é comumente utilizado para designar o conjunto de ecossistemas que abrangem formações campestres, savânicas e florestais que ocorrem no Brasil Central (RIBEIRO & WALTER, 2008). As formas de terrenos são, grosso modo, similares tanto nas áreas de terrenos cristalinos aplainados quanto nas áreas sedimentares sobre elevadas e transformadas em planaltos típicos (AB'SÁBER, 1983). A sazonalidade das chuvas e suas características volumétricas são essenciais para a caracterização do bioma. O clima dessa região é estacional, onde a alternância entre o período chuvoso e o período seco é muito bem definida. A precipitação média anual é de 1.500mm e as temperaturas são geralmente amenas ao longo do ano, em média 25°C (BOLFE *et al.*, 2020).

Os remanescentes de Cerrado que existem nos dias de hoje desenvolveram-se sobre solos ácidos, muito antigos, intemperizados, depauperados de nutrientes, mas que possuem concentrações elevadas de alumínio, o que demandou um elevado potencial adaptativo para a flora da região, a exemplo, muitos arbustos e árvores nativos do Cerrado acumulam o alumínio em suas folhas (HARIDASAN, 1982). Outras adaptações anatômicas e fisiológicas foram cruciais

para possibilitar a ocorrência de grande parte das espécies da vegetação presente no bioma, fator este que pode ser traduzido no alto grau de endemismo de espécies vegetais, cerca de 44% da flora é endêmica (KLINK & MACHADO, 2005).

Um aspecto adicionalmente importante para a dinâmica do Cerrado é o fogo, atuando como um agente ecológico que ocorre, muitas vezes, de maneira natural dada ao grande acúmulo de matéria vegetal seca proveniente da vegetação (NASCIMENTO, 2001). O fogo auxilia na quebra de dormência da semente de plantas adaptadas, evidenciando a longa e importante história evolutiva da biodiversidade em detrimento às condições ambientais extremas relativas ao bioma. Neste espaço territorial encontram-se as nascentes das três maiores bacias hidrográficas da América do Sul (Amazônica/Tocantins, São Francisco e Prata), o que resulta em um elevado potencial aquífero e favorece a sua biodiversidade, recebendo inclusive o título de “caixa d’água do Brasil” (BANDEIRA & CAMPOS, 2018), apesar de que a distribuição deste recurso é heterogênea por todo o bioma.

A biodiversidade do Cerrado é elevada, porém geralmente menosprezada em parâmetros de conservação. O número de plantas vasculares é superior àquele encontrado na maioria das regiões do mundo, a diversidade de plantas herbáceas, arbustivas, arbóreas e cipós soma mais de 12.356 espécies (MENDONÇA *et al.*, 2008). Mais de 160 espécies têm uso medicinal e mais 416 podem ser usadas na recuperação de solos degradados, como barreiras contra o vento, proteção contra a erosão, ou para criar habitat de predadores naturais de pragas (RODRIGUES & CARVALHO, 2001; SARTORELLI & CAMPOS FILHO, 2017). A representatividade de animais terrestres que ocorrem no bioma é, também, bastante considerável. Havendo estimativas de que a riqueza gire em torno de 320.000 espécies (AGUIAR *et al.*, 2004), sendo que a maior parte delas é representada por animais invertebrados.

Do ponto de vista da diversidade biológica, o Cerrado brasileiro é reconhecido como a savana mais rica do mundo. Existe uma grande variedade de habitats, que determinam uma notável alternância de espécies entre diferentes fitofisionomias. Segundo dados disponibilizados pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2022), cerca de 199 espécies de mamíferos são conhecidas no bioma, e a rica avifauna compreende cerca de 837 espécies. Os números de peixes (1200 espécies), répteis (180 espécies) e anfíbios (150 espécies) são elevados. A porcentagem de endemismo para anfíbios e répteis representam valores bastante

altos: 28% e 17%, respectivamente. Apesar dessa elevada biodiversidade, a atenção reservada para sua conservação tem sido muito menor que aquela dispensada à Amazônia ou à Mata Atlântica. Um levantamento realizado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2022), revelou que somente 8,21% de seu território está legalmente protegido por unidades de conservação, sendo que desse total, 2,85% são unidades de conservação de proteção integral e 5,36% de unidades de conservação de uso sustentável, incluindo RPPNs (0,07%). Existem estimativas indicando que pelo menos 20% das espécies endêmicas e ameaçadas permanecem fora dos parques e reservas existentes (MACHADO *et al.*, 2004b).

A ocupação humana no Cerrado, em larga escala, foi marcada pela mudança da capital federal para Brasília/DF, localizada estrategicamente na região Centro-Oeste do Brasil. O investimento em rodovias que interligam o Distrito Federal ao resto do país foi um recurso crucial para intensificar migração nesta região, havendo também implementações de auxílios federais destinados à população que se arriscasse a povoar um bioma que apresenta condições não favoráveis para o seu estabelecimento (SANO & FERREIRA, 2017). Somente a partir de estudos físico-químicos das necessidades do solo e, subsequente, fabricação de implementos agrícolas altamente tecnológicos, obtidos através da cooperação nipo-brasileira, resultante do investimento na realização de pesquisas pela Embrapa Cerrados, houve a modificação do olhar imputado ao bioma que, antes visto como um lugar improdutivo, passou a ser considerado a última fronteira agrícola do planeta (SANO & FERREIRA, 2017; BORLAUG, 2002). Atualmente, a área do cerrado está se tornando o cinturão de grãos mais importante do Brasil e enfrenta taxas de desmatamento muito mais altas do que na floresta amazônica (MUELLER 2003, BICKEL, 2004). De acordo com o TerraClass Cerrado de 2018, restam 49,9% da área do Cerrado coberta por vegetação natural (MMA, 2022). A substituição da vegetação originalmente composta por, principalmente, árvores de médio porte e gramíneas, pela monocultura de soja e/ou áreas de pastagens para criação extensiva de gado, provavelmente acarretará em mudanças no ciclo hidrológico (KLINK & MOREIRA, 2002). O alto grau de endemismo unido as elevadas taxas de conversão de terra fazem com que o Cerrado seja considerado um dos *hotspots* mundiais de biodiversidade (MYERS *et al.*, 2000; SILVA & BATES, 2002), ou seja, é uma região biogeográfica que é simultaneamente uma reserva de biodiversidade,

que pode estar ameaçado de destruição.

Atividades de mineração e garimpo também são efetuadas na área do Cerrado, mesmo que em menor escala. Tais ações acarretam, principalmente, na contaminação dos solos, da água e contribuem para a caça ilegal de animais (FERNANDES & PESSÔA, 2011). Essas mudanças no uso da terra podem, em última instância, influenciar o clima local (HOFFMANN & JACKSON 2000). A diminuição do componente lenhoso devido ao aumento da frequência antrópica do fogo também representa uma ameaça às áreas remanescentes de Cerrado, já que acaba convertendo a vegetação em um ecossistema mais aberto e de raízes rasas (OLIVEIRA *et al.*, 2005). O fogo apesar de ser um importante estruturador do bioma representa uma grande ameaça quando manipulado de maneira criminosa, uma vez que a vegetação apresenta limites de tolerância quanto ao volume do incêndio e tempo de queima (NASCIMENTO, 2001). A junção destas ações representam as principais ameaças para a biodiversidade do Cerrado, tendo em vista que contribuem para a erosão dos solos, a degradação dos diversos tipos de vegetação presentes no bioma e a invasão biológica causada por gramíneas de origem africana (KLINK & MACHADO, 2005).

A construção de rodovias, anteriormente citadas como fundamentais para a ocupação humana no bioma, também representam uma ameaça de grande impacto à biodiversidade no Cerrado. Um estudo realizado por Prado *et al.* (2007) constatou que essas extensas vias rurais pavimentadas constituem um grande impasse na conservação da biodiversidade, uma vez que colaboram com altas taxas de atropelamento e morte de animais, além de ocasionar a fragmentação e contribuir para intensa exploração local de produtos nativos. Portanto, a degradação do habitat nos remanescentes, resultante da conversão da paisagem, pode contribuir para a perda de biodiversidade e para as mudanças na composição de espécies (MATTOS, 2020).

1.3 CONSERVAÇÃO BIOLÓGICA E CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO

A medição do status de ameaça é realizada pela União Internacional para a Conservação da Natureza e Recursos Naturais (IUCN, na sigla em inglês), criada em 1964. Sua principal atribuição consiste em um inventário denominado “Lista Vermelha de Espécies Ameaçadas de Extinção” onde é avaliado o estado de conservação global de espécies de plantas, animais e fungos (IUCN, 2006). A

classificação quanto ao *status* de ameaça é dividida em 9 categorias, seguindo critérios rigorosos e objetivos, como taxa de declínio, tamanho e estrutura da população e grau de fragmentação. As categorias, do menos ameaçado para o mais ameaçado, são: Segura ou Pouco Preocupante (Least Concern - LC); Quase Ameaçada (Near Threatened - NT); Vulnerável (Vulnerable - VU); Em Perigo (Endangered - EN); Criticamente em Perigo (Critically Endangered - CR); Extinta na Natureza (Extinct in the Wild - EW); Extinta (Extinct - EX); Dados Insuficientes (Data Deficient - DD); Não Avaliada (Not Evaluated - NE), (IUCN, 2006). Em resposta às ameaças antrópicas dirigidas à diversidade biológica presente no Cerrado, muitas espécies se encontram expostas ao risco de extinção. Pelo menos 91 espécies de animais que ocorrem no bioma estão classificadas em categorias de ameaça (IUCN 2023). Entre os táxons ameaçados que ocorrem no Cerrado, pertencentes às categorias NT, VU, EN e CR, há um predomínio de espécies de aves e mamíferos (IUCN, 2022).

A conservação *in situ*, ou seja, a conservação no local natural de ocorrência das espécies, é uma alternativa fundamental para este problema. Ela é feita pelo estabelecimento de Áreas Protegidas ou Unidades de Conservação (UC's), como no caso do Brasil. As Unidades de Conservação são áreas estabelecidas por lei e regidas sob diretrizes que assegurem a conservação da natureza (NETO & LOYOLA, 2016), possuem limites definidos sob regime espacial de administração, ao qual se aplicam as garantias adequadas de proteção. A criação de áreas protegidas capazes de garantir a perpetuação dos diferentes componentes da biodiversidade, além dos seus padrões e processos evolutivos, é indiscutivelmente a melhor estratégia de conservação (FRANCISCO & SILVEIRA, 2013). Entre as UC's existe a divisão em dois grupos que diferem quanto à permissibilidade no uso da terra, sendo elas: Unidade de Proteção Integral e Uso Sustentável, classificados de acordo com o grau de proteção, ambas delineadas através da Lei 9.985 de 18 de Julho de 2000 (FONSECA *et al.*, 2010).

As Unidades de Proteção Integral tem por objetivo, basicamente, preservar a natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais. São divididas em 5 categorias: (I) Estação ecológica; (II) Reserva Biológica; (III) Parque Nacional; e (IV) Monumento Natural. Já as Unidades de Uso Sustentável tem por objetivo compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela dos seus recursos naturais. Este grupo é dividido em 7 categorias: (I) Área

de Proteção Ambiental; (II) Área de Relevante Interesse Ecológico; (III) Floresta Nacional; (IV) Reserva Extrativista; (V) Reserva de Fauna; (VI) Reserva de Desenvolvimento Sustentável; e (VII) Reserva Particular do Patrimônio Natural (MMA, 2023).

Para a delimitação de novas unidades de conservação, uma das alternativas pode partir da utilização de espécies ameaçadas como indicadores de áreas. A utilização desta abordagem parte do pressuposto que a proteção de um determinado táxon garante a segurança de outros em condições semelhantes (RODRIGUES & BROOKS, 2007). As espécies utilizadas nesta metodologia são denominadas *indicators* (indicadoras) e seus requerimentos de recursos servem como atributo alternativo para alocação de recursos de conservação, visando o alcance de espécies que não foram, explicitamente, incluídas na análise (WEERD & HAES, 2010). O Cerrado, por conta da sua exorbitante heterogeneidade, pode servir como área de ocorrência para cerca de 5% da diversidade animal mundial (COUTINHO, 1990), impossibilitando a utilização de todos os componentes, neste caso as espécies, pertencentes ao bioma na priorização.

A importância de se usar indicadores da biodiversidade se mostra legítima em regiões megadiversas, como o caso do Cerrado. Isso está atrelado ao fato da insuficiência de dados referentes à totalidade da biodiversidade ocasionado pelo baixo investimento em pesquisa e mão-de-obra especializada (NETO & LOYOLA, 2016). A delimitação de áreas para a conservação se vê necessária, à medida em que a influência humana sobre a vida silvestre potencializa-se, uma vez que meios de exploração dos recursos se tornam cada vez mais eficientes (IUCN, 2006). O risco de extinção associado aos impactos diretos à biodiversidade põe em xeque a manutenção da vida no planeta.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho foi indicar áreas prioritárias para a conservação no Cerrado Brasileiro, considerando a distribuição geográfica de espécies de animais terrestres avaliadas com elevado status de ameaça.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Obter e analisar dados geográficos de distribuição de espécies ameaçadas;
- Priorizar áreas para conservação;
- Indicar o percentual de áreas prioritárias que estão protegidas pela rede de unidades de conservação já implementada;
- Levantar o quantitativo de áreas prioritárias por unidades federativas;
- Comparar a solução proposta à uma priorização aleatória;
- Avaliar a flexibilidade das áreas prioritárias;

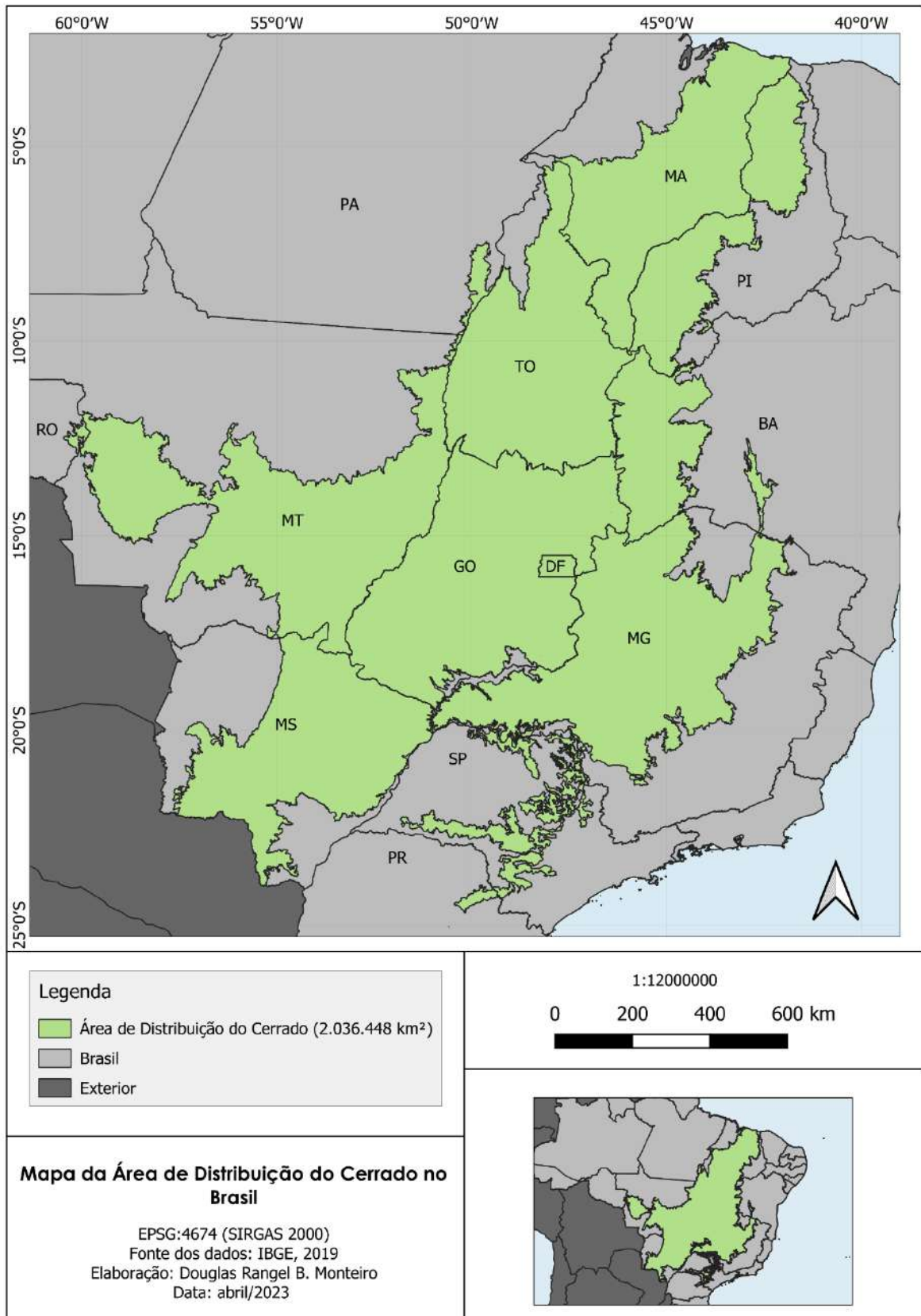
3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

A extensão territorial do Cerrado no Brasil serviu como base para a realização deste trabalho. A distribuição do bioma é extremamente ampla, estendendo-se de 3° e 24° de latitude Sul e 42° a 60° de longitude Oeste, com a maior parte de sua área localizada no Planalto Central do Brasil (IBGE, 2019). O Cerrado abrange como área contínua os Estados de Goiás (GO), Tocantins (TO) e o Distrito Federal (DF), parte dos Estados da Bahia (BA), Maranhão (MA), Mato Grosso (MT), Mato Grosso do Sul (MS), Minas Gerais (MG), Piauí (PI), Rondônia (RO) e São Paulo (SP), uma pequena porção a sudeste do Pará (PA) e em pequenas “ilhas” a nordeste do Paraná (PR) (IBGE, 2019). A Figura 1 “Mapa de Distribuição do Cerrado no Brasil” ilustra a distribuição total do bioma Cerrado no Brasil. A utilização da área varia conforme a distribuição do bioma, cerca de 51% da extensão está coberta por vegetação primária (TERRACLASS, 2020), entretanto usos relacionados à exploração do Cerrado vem se ampliando (distribuição dos usos disponíveis em apêndice).

São descritos 11 tipos principais de vegetação para o Bioma, enquadrados em formações florestais (Mata Ciliar, Mata de Galeria, Mata Seca e Cerradão), savânicas (Cerrado sentido restrito, Parque de Cerrado, Palmeiral e Vereda) e campestres (Campo Sujo, Campo Limpo e Campo Rupestre). Três aspectos fundamentais são estruturadores das formas fisionômicas do Cerrado, são eles (1) a fertilidade e o teor de alumínio disponível (baixa fertilidade, altos teores de alumínio); (2) a profundidade do solo; e (3) o grau de saturação hídrica das camadas superficiais e subsuperficiais do solo (RIBEIRO & WALTER, 1998). As nuances entre as formações típicas do Cerrado podem ser consideradas como os subtipos neste sistema, ao todo são reconhecidas 25 fitofisionomias intermediárias (RIBEIRO & WALTER, 2008). É um bioma complexo e extremamente heterogêneo que se expande, além do território brasileiro, para partes da Bolívia e do Paraguai, fazendo com que seja considerado um dos maiores em formação vegetal da América do Sul (COLE, 1960). Apesar disto, neste trabalho exploramos apenas as áreas restritas ao território nacional.

Figura 1 - Mapa da Área de distribuição do Cerrado no Brasil



Fonte: IBGE, 2019

3.2 ATRIBUTOS DA BIODIVERSIDADE

A priorização de áreas foi realizada com base nos dados de distribuição de 91 táxons que ocorrem no Cerrado brasileiro (disponível em Apêndice). O atributo escolhido para seleção das espécies leva em consideração o grau de ameaça das mesmas, disponibilizado através da base de dados da IUCN, consultados em março de 2023. As categorias elencadas para a priorização são: (1) Criticamente em Perigo ou Em Perigo Crítico (CR) que é a categoria de maior risco atribuído pela Lista Vermelha da IUCN para espécies selvagens, representando as espécies que enfrentam risco extremamente elevado de extinção na natureza; (2) Em Perigo (EN) utilizada quando a melhor evidência disponível indica que uma espécie provavelmente será extinta num futuro próximo; (3) Vulnerável (VU), cuja as melhores evidências disponíveis indicam que enfrenta um risco elevado de extinção na natureza em um futuro bem próximo, a menos que as circunstâncias que ameaçam a sua sobrevivência e reprodução melhorem; (4) Proximamente em Perigo (NT) representando as espécies que não apresentam risco iminente de extinção, porém em uma próxima classificação possam ser rebaixadas de nível no status de ameaça por conta da tendência de decréscimo populacional e/ou perda de habitat (IUCN, 2001).

Foram utilizados dados de diferentes grupos taxonômicos. A utilização de uma diversidade taxonômica vasta garante que esses indicadores da biodiversidade total abranjam o máximo de áreas, contribuindo para a complementaridade nas escolhas (WESTGATE *et al.*, 2014). A tabela 2 “Quantitativo de indicadores da biodiversidade utilizados na priorização” relaciona o número de espécies para cada grupo taxonômico utilizadas como indicadores da biodiversidade em cada categoria de ameaça.

Quadro 1: Quantitativo de indicadores da biodiversidade utilizados na priorização.

Categoria (IUCN)	Avifauna	Entomofauna	Mastofauna	Herpetofauna
CR	1	0	1	2
EN	3	0	4	6
VU	16	2	12	5
NT	19	2	13	5
Total	39	4	30	18

Fonte: IUCN, 2023.

Nota: CR = Criticamente Ameaçado; EN = Em Perigo; VU = Vulnerável; NT = Quase Ameaçado.

3.3 DADOS DE DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA

Para realização da priorização, a distribuição de cada táxon foi adicionada separadamente à análise. As áreas de ocorrência das espécies foram arranjadas em forma de polígonos referentes aos mapas de áreas das espécies, dados esses disponibilizados pelo servidor da IUCN (Acessado em março de 2023). A utilização desta métrica indica a extensão de ocorrência, ou seja, a área contida dentro do menor limite contínuo que possa ser traçado para englobar todos os pontos conhecidos, inferidos ou projetados da presença atual de um táxon, excluindo os casos de errantes e visitantes (ICMBio, 2013).

Ao realizar uma inspeção visual geral da distribuição, focando nas espécies indicadoras elencadas em cada categoria de ameaça, foi possível avistar padrões. Táxons Criticamente Ameaçados, de diferentes grupos, apresentaram uma distribuição agrupada na porção sudeste do bioma (apêndice C). Já as espécies classificadas com *status* Em Perigo (EN) apresentaram uma distribuição heterogênea pelo Cerrado, sendo que 4 das 13 espécies são amplamente distribuídas pelo bioma (apêndice D). À medida em que a categorização quanto ao *status* de ameaça é elevada a níveis menos preocupantes, a distribuição das espécies tende a se tornar mais significativa no bioma. Isso pode ser visto nas duas últimas categorias utilizadas. As espécies Vulneráveis (VU) apresentam uma distribuição por quase todo o território, exceto no nordeste no bioma (apêndice E). E os táxons Quase Ameaçados (NT) estão distribuídos por todo o Cerrado, havendo grande sobreposição da ocorrência na porção central do bioma (apêndice F).

A formatação dos dados foi obtida através de coordenadas geográficas registrados em graus decimais (datum WGS 84). Mediante as coordenadas, foram elaborados 91 shapefiles de distribuição, sendo um para cada espécie (ver Apêndice). Em seguida, os arquivos foram convertidos em raster utilizando como extensão de referenciamento geográfico o shape da borda do Cerrado (IBGE, 2019) e atribuído o valor de 0,25°x0,25° para o tamanho das células (PINTO & GRELLÉ *et al.*, 2009). Todo esse processo foi realizado através das ferramentas de processamento geoespacial disponíveis no programa QGIS 3.30 (BAGHDADI *et al.*, 2018). Os arquivos raster foram salvos em formato TIFF para manter a alta qualidade dos dados.

3.4 ANÁLISE DE DADOS

O *software* utilizado para as análises foi o *Zonation@* na sua versão 5.0. Trabalhando com dados de distribuição de espécies, no programa recebem o nome de *features*, ele realiza a priorização espacial com base na complementaridade dos recursos utilizados no processamento (MOILANEN *et al.*, 2022). Tem por objetivo principal identificar áreas prioritárias para apoiar o planejamento de conservação, a medida em que busca otimizar a alocação de recursos. O *zonation@* produz uma classificação de prioridade em todos os locais da paisagem, ordenando-os do mais importante ao menos importante (MOILANEN *et al.*, 2022), de modo que os níveis de conservação de todos os recursos sejam maximizados de maneira equilibrada. O diferencial deste *software* está na utilização de atributos biológicos para a priorização, uma vez que ele leva em consideração a distribuição das espécies e os locais com maior concentração das mesmas mantendo o equilíbrio entre os recursos.

Para a realização deste trabalho, os dados foram submetidos ao protocolo de priorização a partir da regra de perda marginal denominada Função do Benefício Aditivo (em inglês, Additive Benefit Function - ABF). Esta regra busca a convergência entre as áreas à medida em que reclassifica as células de maneira que enfatiza a cobertura média alta, mesmo ao custo de resultar em uma cobertura reduzida para alguns recursos (DI MININ, 2014). Dessa forma, é esperado que as células consideradas pobres em biodiversidade e que possuam um menor peso de prioridade sejam removidas na priorização (Moilanen *et al.*, 2022).

A distribuição das espécies foi inserida pelo formato TIFF e cada uma recebeu um peso de prioridade baseado na categoria de espécies ameaçadas divulgada pela IUCN. As noventa e uma espécies foram distribuídas em quatro categorias: Criticamente Ameaçadas (CR), Em Perigo (EN), Vulnerável (VU) e Quase Ameaçada (NT). As quatro espécies pertencentes a categoria Criticamente Ameaçadas receberam o maior peso na priorização, por tenderem a reduzir a sua distribuição e concentrarem as suas populações em áreas minimamente preservadas (TRINDADE & LOYOLA, 2011). Subsequentemente os pesos foram atribuídos para as categorias de forma que a mais ameaçada recebesse um maior peso de priorização em relação a menos ameaçada. O Quadro 2 “Atribuição de

pesos para os indicadores da Biodiversidade” demonstra os pesos atribuídos para cada uma das 4 categorias utilizadas.

Quadro 2: Atribuição de pesos para os indicadores da Biodiversidade

Classificação IUCN	Sigla	Peso
Criticamente em Perigo	CR	1,00
Em Perigo	EN	0,75
Vulnerável	VU	0,50
Quase Ameaçado	NT	0,25

Fonte: IUCN, 2023

Nota: Peso atribuído pelo AUTOR, 2023

3.4.1 Interpretação dos resultados

O *zonation@* trabalha com a reclassificação dos recursos utilizados para a priorização. Os valores originais de distribuição são normalizados para que o *software* possa trabalhar com uma quantidade mensurável de cobertura das distribuições de recursos, os valores reais são substituídos e passam a ser considerados os pesos atribuídos a cada espécie, de acordo com o grau de ameaça (MOILANEN *et al.*, 2022). Ou seja, trabalha com uma matriz de presença e ausência, onde algoritmo calcula a proporção da distribuição total dos recursos (dentro da área de estudo) que é capturado por qualquer conjunto de células da grade. As células resultantes estão dispostas em uma matriz cuja o valor máximo de cada célula representa 1 e, conseqüentemente, o valor mínimo representa 0 (MOILANEN *et al.*, 2022). Na priorização, o *software* realiza a contabilização dos componentes de cada célula a medida em que busca remover aquelas que possuem valores inferiores às células vizinhas, isso é feito até que haja convergência entre os resultados. Portanto, a priorização é interrompida quando as células constituem uma classificação ascendente de prioridade, de acordo com as células expostas lateralmente (DI MININ, 2014). Para atribuição de áreas prioritárias, o critério escolhido *a priori* foi de que células resultantes do mapa de prioridade com classificação igual ou superior aos 20% mais altos, valores entre 0,8 e 1,0, representaram os locais com células cuja distribuição dos recursos apresentam uma maior priorização.

Junto ao mapa de classificação são gerados dois *outputs* para auxiliar a análise de priorização, sendo eles (1) curva de desempenho e (2) histogramas. As curvas de desempenho da priorização são saídas de pós-processamento que mostram o quanto da distribuição de cada recurso de entrada é capturado pelos diferentes níveis de prioridade (MOILANEN *et al.*, 2022), para a regra ABF geralmente apresenta uma forma côncava. Os histogramas nos mostram como as coberturas de recursos são distribuídas dentro de um determinado intervalo de classificação (DI MININ, 2014). Neste projeto ambas as saídas foram utilizadas com a finalidade de avaliar a efetividade de conservação das áreas iguais ou superiores às de 80% de prioridade, quanto à captação dos recursos da biodiversidade.

3.4.2 Análises de Pós-Processamento

Para avaliar a insubstituibilidade na escolha das áreas prioritárias foi realizada a análise de pós-processamento de flexibilidade. A partir dos resultados gerados na priorização, as áreas superiores a 80% foram submetidas a análise de flexibilidade, buscando identificar quais padrões alternativos de prioridade poderiam ser expressos (MOILANEN *et al.*, 2022). Esta saída fornece a visualização dos componentes selecionados em detrimento da possibilidade de alteração na escolha de áreas. Áreas com baixa flexibilidade não podem ser substituídas sem que diminua a qualidade na priorização (DI MININ, 2014). As medidas variam de 0 a 1, porém, diferente do mapa de prioridades, células cuja o valor seja próximo a 1 não representam um bom lugar para priorização. Este passo é importante levando em consideração que podem levar soluções alternativas para o plano, considerando diferentes cenários e se adaptando às oportunidades (KNIGHT & COWLING, 2007).

A análise aleatória foi feita para testar a significância dos resultados. Ou seja, é verificado se a distribuição das áreas prioritárias a partir da atribuição de pesos para espécies ameaçadas é diferente do acaso. A aleatorização atribui pesos de priorização a todas as células de modo fortuito, a fim de averiguar a capacidade destas células aleatoriamente capturarem os recursos da biodiversidade (MOILANEN *et al.*, 2022). São gerados os mesmos *outputs* de uma análise convencional. Entretanto, o resultado que nos interessa refere-se ao quantitativo de espécies capturadas por *cel* atribuídas às áreas prioritárias iguais ou superiores a 80% aleatoriamente, isso através do histograma gerado pela análise aleatória.

3.5 VERIFICAÇÃO DAS ÁREAS PRIORITÁRIAS

Para melhor observação das Áreas Prioritárias (cel), pertencentes a classe ordenada de valores iguais ou superiores a 80%, foi realizada uma divisão do bioma de acordo com as unidades federativas. Cada estado (12 no total) e o Distrito Federal tiveram suas distribuições convertidas em células cuja as dimensões se igualam a das espécies transformadas, 0,25°x0,25°. O Quadro 3 “Número de células e porcentagem correspondente ao Cerrado por estado após poligonização” nos mostra o quantitativo de células resultantes da transformação e a porcentagem de pertencimento do Cerrado em cada estado, levando em consideração que a transformação do Bioma em células com as mesmas proporções resultou em um total de 2.657 células (~2.050.048 km²).

Quadro 3: Número de células e porcentagem correspondente ao Cerrado, por estado, após poligonização.

Estado	Sigla	Nº de Células	% do Bioma
Bahia	BA	137	5,2
Distrito Federal	DF	7	0,3
Goiás	GO	460	17,3
Maranhão	MA	285	10,7
Minas Gerais	MG	430	16,2
Mato Grosso	MT	453	17,0
Mato Grosso do Sul	MS	313	11,8
Pará	PA	7	0,3
Piauí	PI	171	6,4
Paraná	PR	4	0,2
Rondônia	RO	4	0,2
São Paulo	SP	56	2,1
Tocantins	TO	339	12,8
Total	-	2.657	100

Fonte: O AUTOR, 2023

Nota: Porcentagem levando em consideração um total de 2.657 células (~2.050.048 km²).

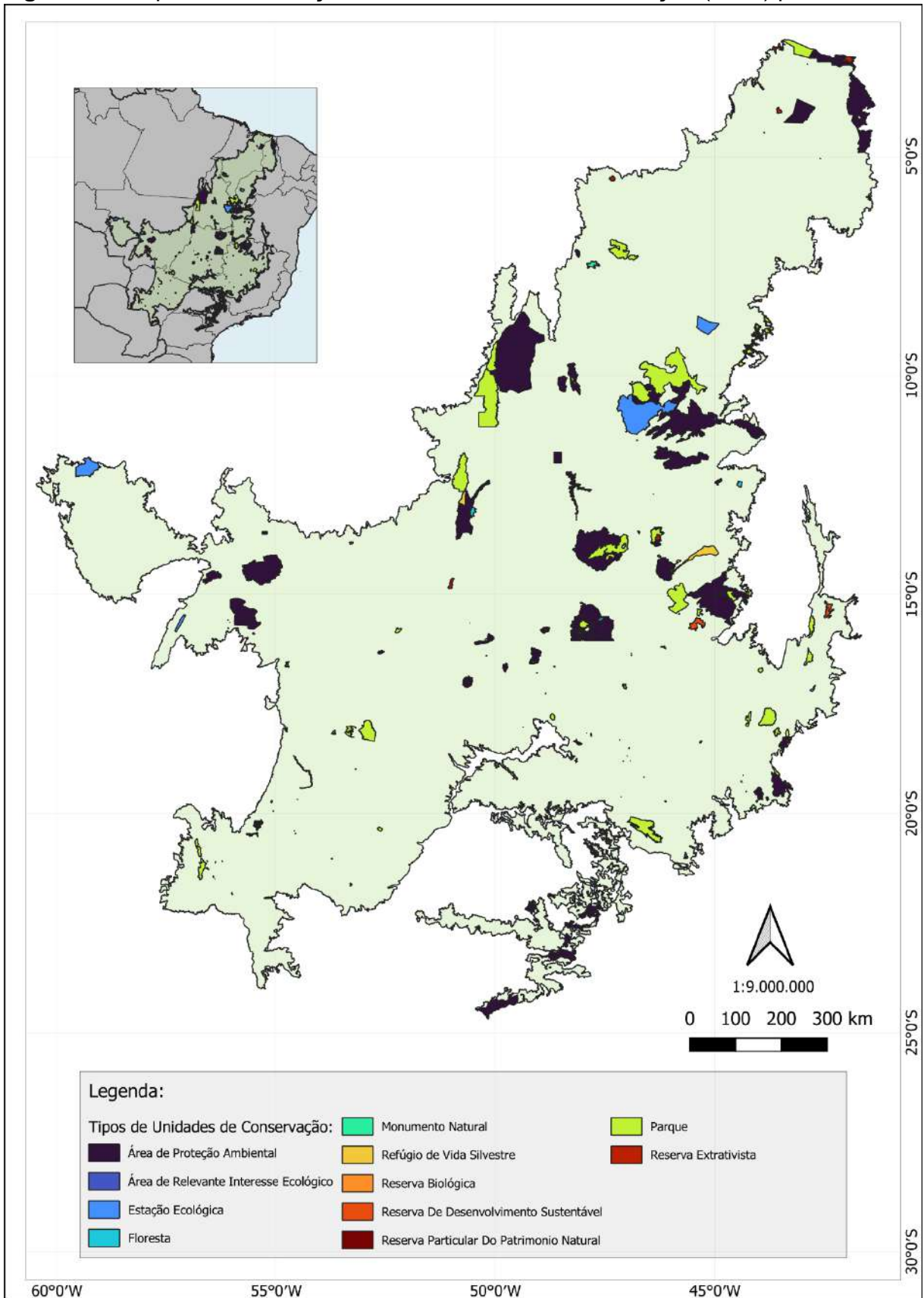
3.5.1 Sobreposição em Áreas Protegidas

Foram comparadas as Áreas (cel) priorizadas pelo *software Zonation@* na versão 5.0 a uma matriz de Unidades de Conservação (UC's) já estabelecidas. Os dados de distribuição das UC's constituídas ao longo do Cerrado foram obtidos através do portal do Ministério do Meio Ambiente, acessado em abril de 2023. Por toda extensão do bioma há em torno de 278 Unidades de Conservação que se dividem entre os seus usos, sendo a maioria (58%) Unidades de Conservação de Uso Sustentável (MMA, 2023). A Figura 2 “Distribuição das Unidades de Conservação pelo Cerrado” identifica a disposição e os tipos destas áreas pelo bioma.

Para fins de comparação, as Unidades de Conservação foram transformadas em polígonos cuja área é a mesma referente a transformação dos outros atributos, as espécies e os estados (0,25°x0,25°). Ao final da transformação, foram originadas 189 células resultantes de locais já protegidos, implicando em um total de 7,1% do total de células resultantes da poligonização do Cerrado. O Gráfico 1 “Número de células protegidas por Unidades de Conservação” nos trás o quantitativo de células já protegidas por estado. Vale ressaltar que não houve distinção entre os tipos de uso das Unidades de Conservação para realizar a poligonização.

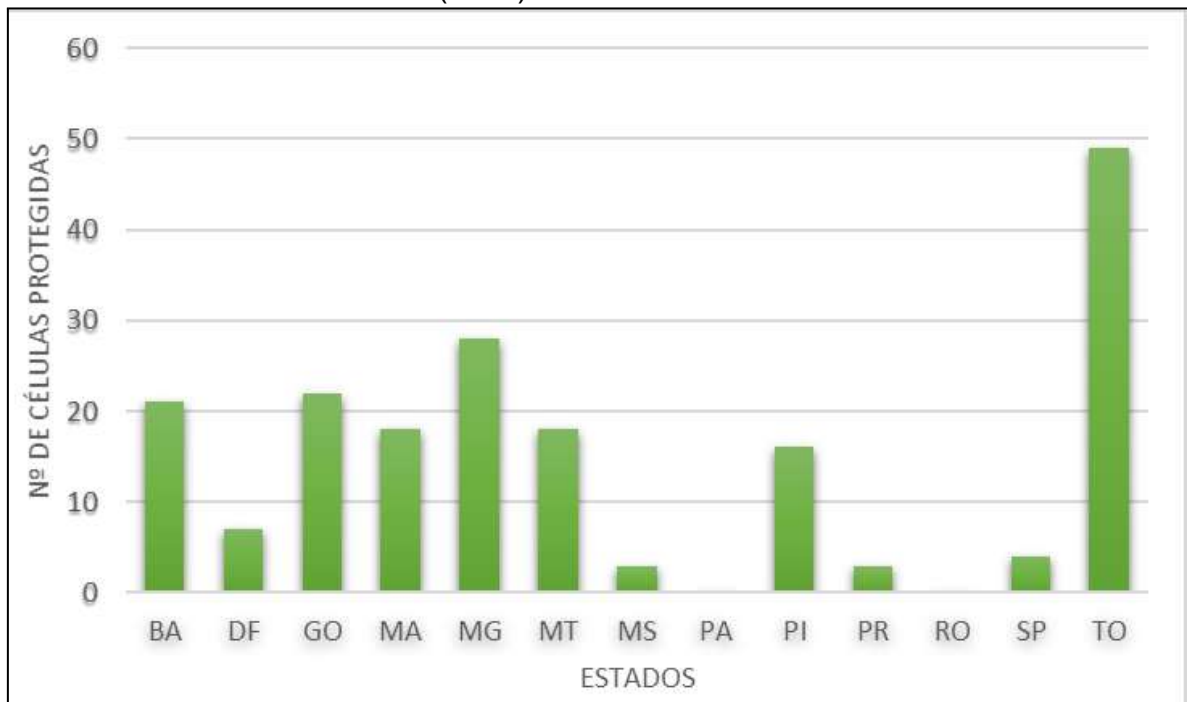
As Áreas Prioritárias (cel) que sobrepuseram as células cuja a cobertura de conservação já estavam sinalizadas, anteriormente à priorização, foram retiradas. A retirada das células foi feita a partir da ferramenta de seleção de polígonos no *software* QGIS 3.30. Isto foi feito levando em consideração que a escolha das áreas prioritárias leva um caráter complementar, ou seja, visa identificar áreas que poderiam ampliar o atual sistema de unidades de conservação, buscando suprir espécies e ecossistemas que não estão idealmente protegidos (KIRKPATRICK, 1983). Gerando, por fim, a distribuição das Áreas de maior prioridade (cel) para a Conservação da Biodiversidade de animais terrestres no Cerrado brasileiro.

Figura 2 - Mapa de Distribuição das Unidades de Conservação (UC's) pelo Cerrado



Fonte: MMA, 2023

Gráfico 1 - Número de células protegidas atualmente por Unidades de Conservação (UC's) em cada Estado.



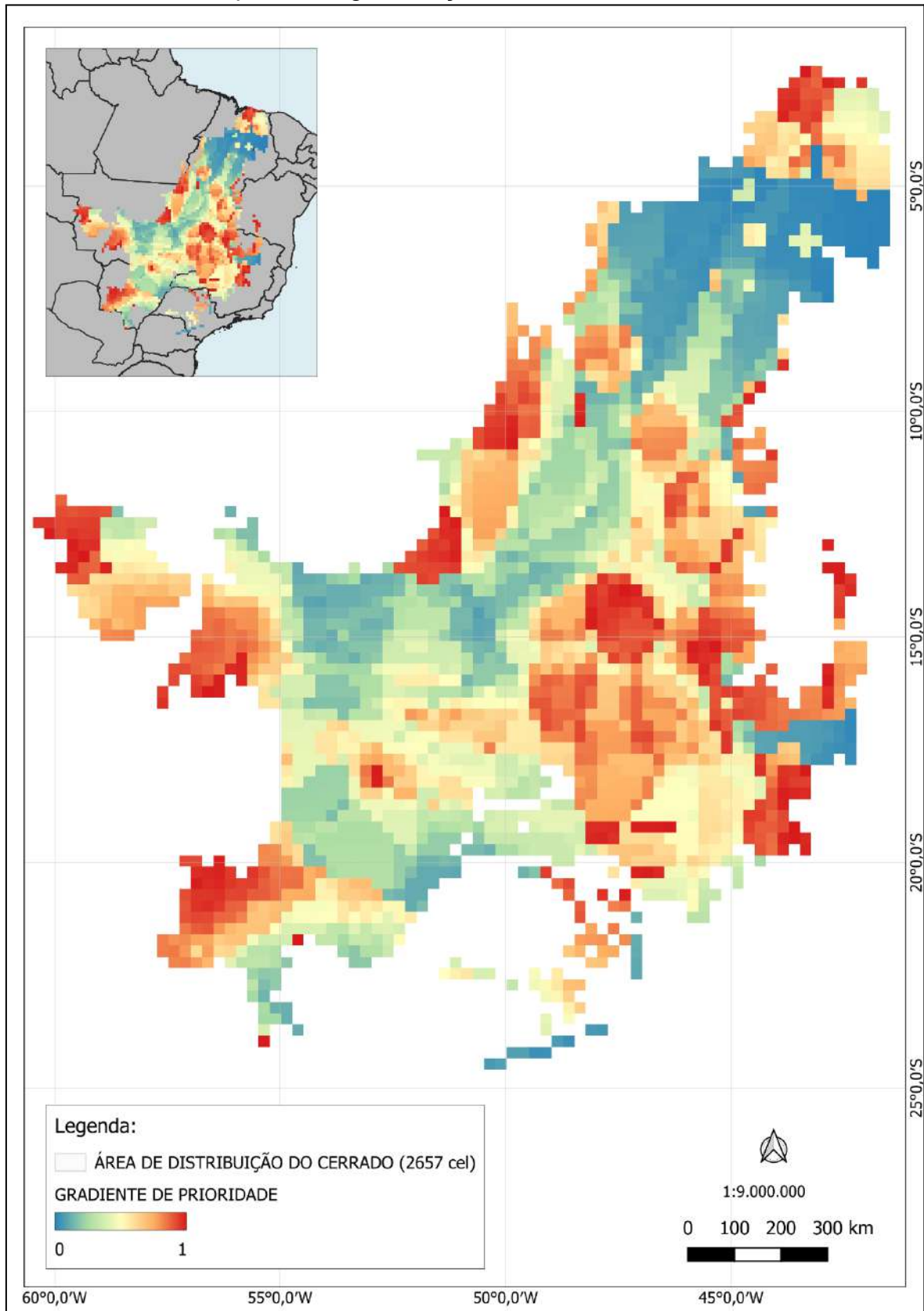
Fonte: O AUTOR, 2023.

4 RESULTADOS

A partir do processo de priorização de células dispostas em uma matriz normalizada da distribuição de espécies ameaçadas, o *Zonation@* na sua versão 5.0 atribuiu maior prioridade para células cuja distribuição de recursos (espécies) era mais alta em relação às células vizinhas. A iteração entre as células pertencentes a análise foi mediada pela regra de perda marginal escolhida, neste caso a Função do Benefício Aditivo (ABF), foi concluída ao encontrar um padrão de convergência das células, com margem de erro de 0,01%, indicando que a ordenação de prioridade era a melhor possível para os dados utilizados.

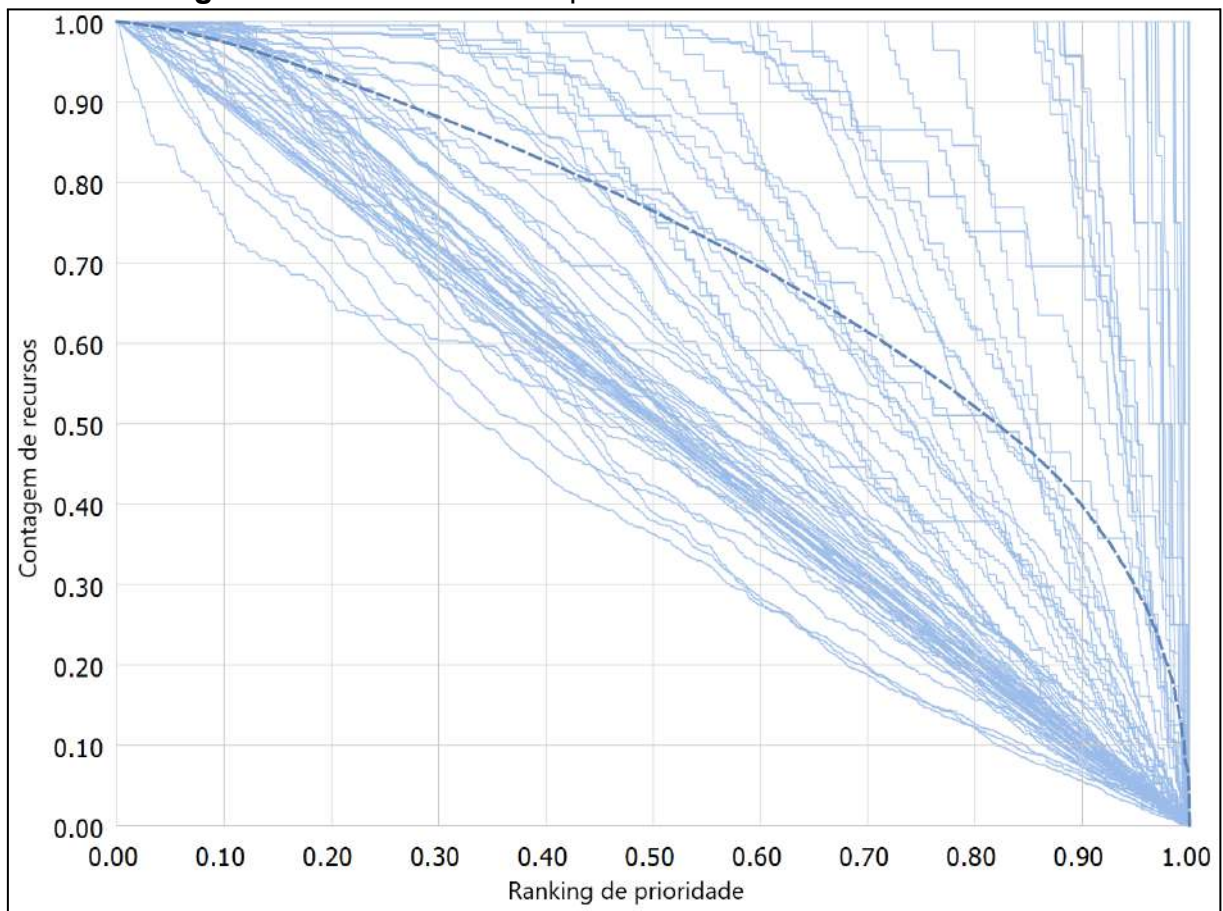
Ao todo foram contabilizadas 2657 células na análise, representando toda a distribuição do bioma Cerrado (~2.050.048 km²), restrito ao território brasileiro. A ordenação foi realizada com todas as células pertencentes ao bioma, que receberam valores de priorização de 0 a 1, sendo 1 o mais alto grau de priorização. A Figura 3 “Mapa resultante da priorização de áreas (cel) - total, utilizando a regra de perda marginal função de benefício aditivo” ilustra a disposição das células no Cerrado polígonizado, dimensões de 0,25°x0,25° por célula. A priorização envolveu a seleção de áreas (cel) de 531 células cuja a somatória dos recursos, posterior ao processo de realizado pelo *software*, foi igual ou superior a 80%, ao longo da matriz que representa o bioma.

Figura 3 - Mapa resultante da priorização de áreas (cel) - total, utilizando a regra de perda marginal função de benefício aditivo.



O desempenho da cobertura de espécies pelas áreas prioritárias é observado na figura 4 “Curvas de desempenho na cobertura dos recursos”. As leituras das curvas foram feitas da direita para a esquerda, associando o aumento na seleção de áreas resultando na cobertura total de mais espécies. As linhas tracejadas (---) indicam a curva média no desempenho da cobertura de áreas prioritárias por espécies. Linhas contínuas são indicativas do desempenho da priorização para cada espécie em particular. O resultado indica que, de modo geral, a medida em que há um acréscimo na incorporação de áreas prioritárias (cel), com menor colocação no ranking (<80%), há um aumento no somatório de espécies cuja distribuição é inteiramente prioritária. A curva média de desempenho, em formato côncavo, indica que a cobertura das espécies em áreas prioritárias (cel) $\geq 80\%$ representa a cobertura de um quantitativo superior a 50% da distribuição dos recursos.

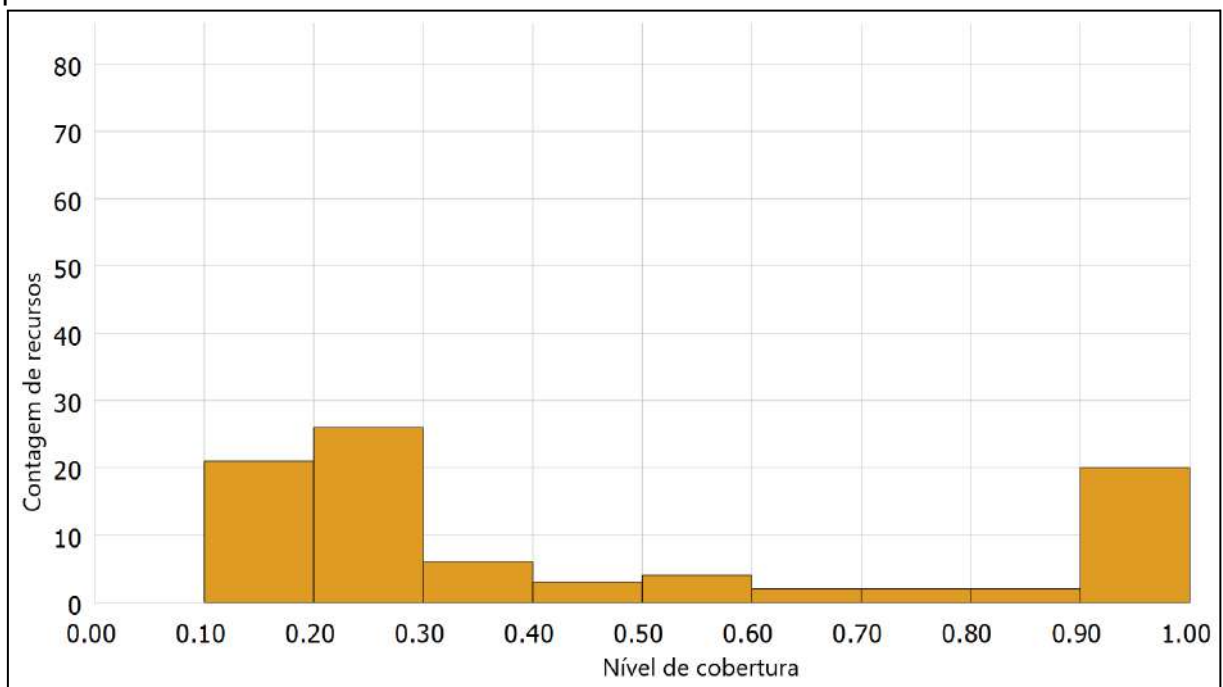
Figura 4 - Curvas de desempenho na cobertura dos recursos.



O histograma, representado na figura 5, refere-se a distribuição dos recursos captados pelas áreas prioritárias (cel) $\geq 80\%$. Podemos ver que, para a maioria das feições essas áreas cobrem cerca de 20-30% de sua distribuição total

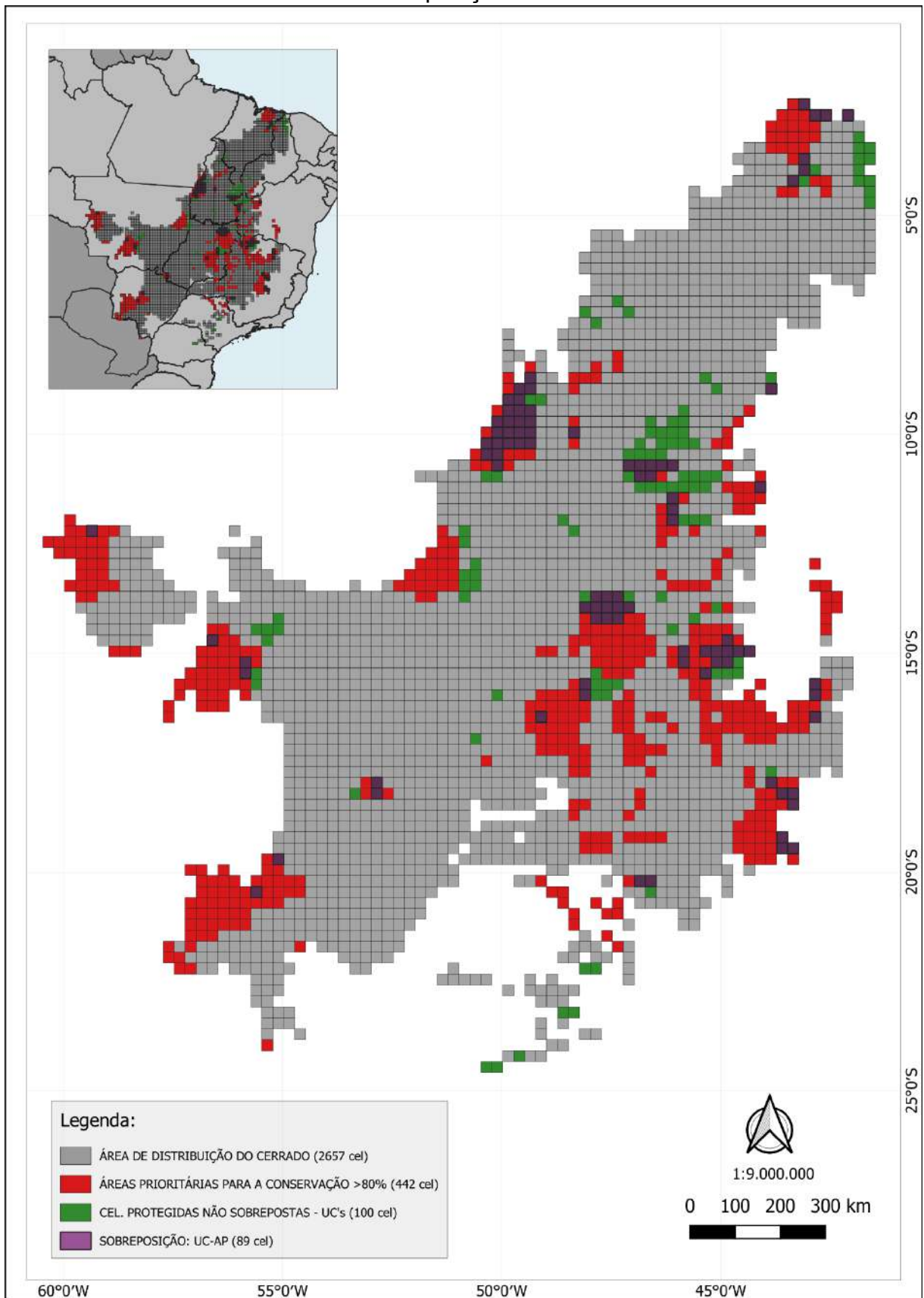
(pico no histograma). Os picos secundários representam os extremos de cobertura, sendo que, cerca de 22% das espécies apresentaram uma cobertura máxima para suas ocorrências (barra mais à direita, 0,9-1,0) e, aproximadamente, 23% das espécies receberam uma cobertura de 10-20% na sua distribuição nas áreas selecionadas. O restante das espécies recebeu cobertura média variando de 40-90% da distribuição. Nenhuma espécie obteve cobertura de distribuição igual a 0%.

Figura 5 - Histograma representando a cobertura da área das espécies pelas áreas prioritárias $\geq 80\%$



Ao averiguar a sobreposição das 531 Áreas Prioritárias (cel) $\geq 80\%$ geradas pelo *Zonation@* em detrimento às áreas cuja a cobertura de proteção já está implantada por Unidades de Conservação (189 cel), foi obtido um percentual de sobreposição de 16%. A figura 6 “Mapa de distribuição das áreas prioritárias, unidades de conservação e áreas de sobreposição entre ambas” ilustra a distribuição destas pelo extensão poligonizada do bioma Cerrado (2657 cel). A exclusão de células prioritárias que sobrepuseram áreas protegidas resultou em um montante de 442 células com graus de priorização relacionados aos 20% superiores.

Figura 6 - Mapa de distribuição das áreas prioritárias, unidades de conservação e áreas de sobreposição entre ambas.

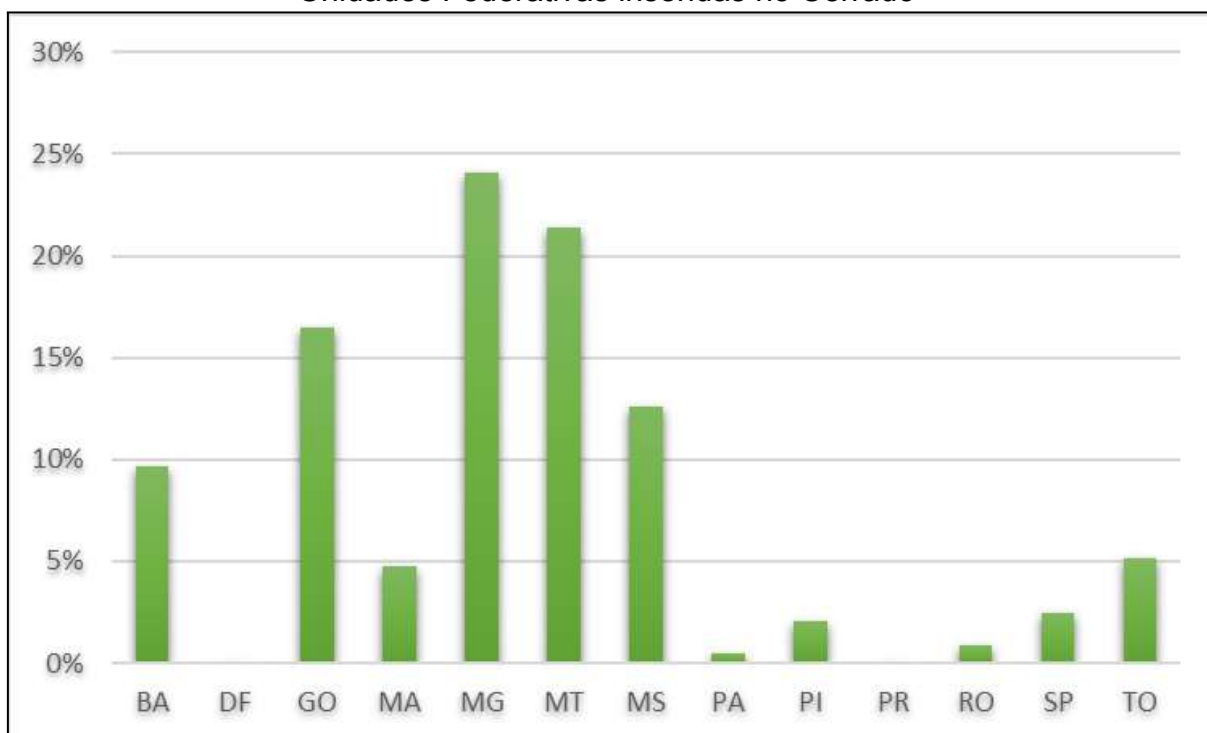


Nota: Para mais detalhes, consulte os apêndices.

Entre as Unidades Federativas (UF) que obtiveram a maior sobreposição entre Áreas Prioritárias consoantes a células protegidas por UC's, proporcionalmente, destaca-se o Distrito Federal. A análise de sobreposição indica que 100% do quantitativo de áreas prioritárias estabelecidas nesta UF já possuem uma efetiva proteção por meio de Unidades de Conservação, seguido pelo Tocantins com 57,4% e Maranhão com 25%. As UF's que apresentaram menor sobreposição entre áreas prioritárias (cel) e UC's foram os estado do Mato Grosso do Sul (3,45%), Mato Grosso (4,04%) e Bahia (12,2%), evidenciando a necessidade de implementação de Unidades de Conservação nestas áreas. O estado do Paraná, único da região Sul do país que apresenta trechos da distribuição do Cerrado, foi excepcionalmente o único estado que não apresentou nenhuma área prioritária para a conservação na faixa delimitada por este projeto, em contraponto, 75% das células de distribuição do bioma que passam pertencem ao estado estão sobrepostas a Unidades de Conservação.

Levando em consideração a somatória das 442 Áreas Prioritárias (cel) restantes, que não estão cobertas pela rede de UC's, a Unidade Federativa que obteve o maior percentual de áreas prioritárias contidas no Cerrado é Minas Gerais, com 24,1% destas áreas pelo distribuídas por seu território. Apesar do maior quantitativo de áreas prioritárias para a conservação $\geq 80\%$ se concentrarem em um estado pertencente à região Sudeste do país, o maior percentual, em relação ao quantitativo regional, está contido na região Centro-Oeste. As regiões Centro-Oeste e Sudeste, respectivamente 50,4% e 26,5%, apresentaram as maiores porcentagens de ocorrência de células prioritárias para a conservação pela distribuição do Cerrado. Os estados localizados na região nordeste (Bahia, Maranhão e Piauí) apresentam um sua distribuição referente ao Cerrado um percentual de 16,4%, já os estados pertencentes a região norte (Pará, Rondônia e Tocantins) obtiveram em sua distribuição um total de 6,53% da totalidade de áreas prioritárias restantes. A região Sul, como dito anteriormente, não apresentou células prioritárias em sua distribuição. A distribuição do percentual das áreas prioritárias restantes a cada Unidade Federativa é disposto no Gráfico 2 "Porcentagem de Distribuição das Áreas Prioritárias (442 cel) pelas Unidades Federativas inseridas no Cerrado".

Gráfico 2 - Porcentagem de Distribuição das Áreas Prioritárias (442 cel) pelas Unidades Federativas inseridas no Cerrado



Nota: Porcentagem referente a totalidade de áreas prioritárias menos a sobreposição entre áreas já protegidas (442 cel). Para mais detalhes consultar o apêndice.

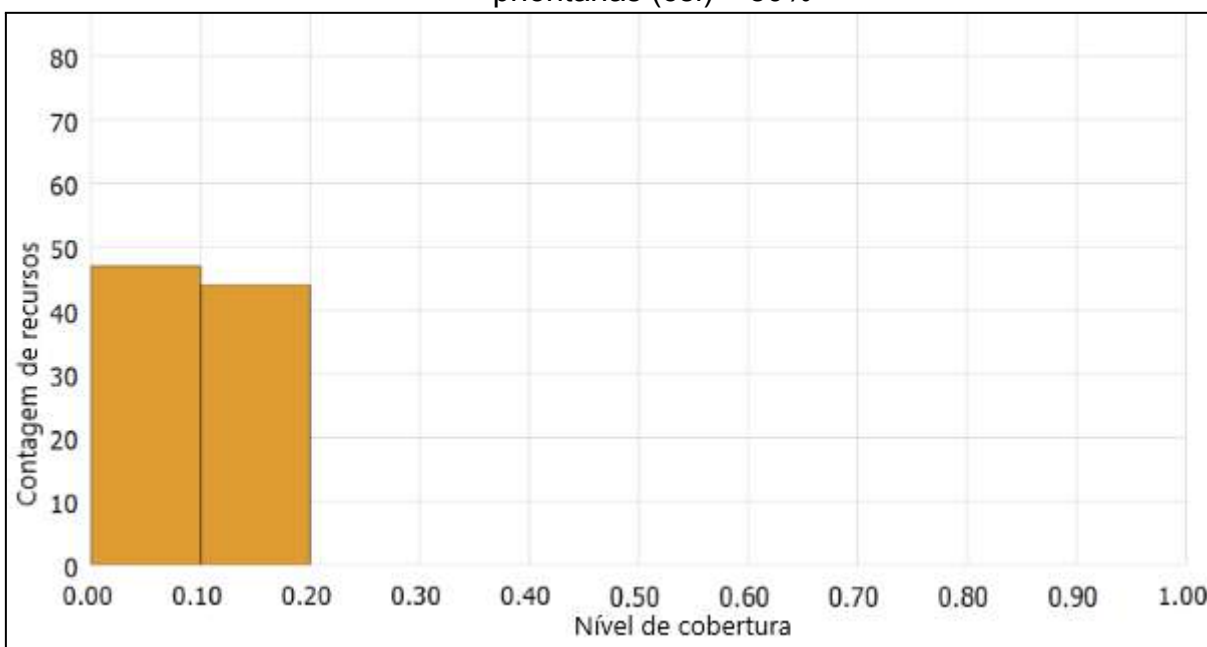
Dentre a totalidade do bioma Cerrado, representado pela distribuição de 2657 células polinigonizadas, com dimensões de 0,25°x0,25° de área, houve uma priorização, mediante a distribuição das espécies ameaçadas, selecionando áreas que representassem as 20% superiores em necessidade de proteção. Após a retirada de células sobrepostas, o percentual de Áreas Prioritárias (cel) $\geq 80\%$ restantes foi de 16,7%, distribuídas majoritariamente pela região Centro-Oeste do Brasil. As células prioritárias $\geq 80\%$ efetivamente protegidas por Unidades de Conservação representam um quantitativo de 3,3% de toda a extensão do Cerrado e as áreas protegidas, além das áreas prioritárias, representam um percentual de 3,7% de todo o bioma.

4.1 ANÁLISES ADICIONAIS

Como saída adicional para a análise de priorização de áreas para a conservação da biodiversidade, por meio de uma ordenação, foram geradas um histograma referente à cobertura de distribuição dos táxons utilizados obtida através de uma análise aleatória e um mapa de flexibilidade indicando a insubstituibilidade na escolha das áreas para a estruturação da análise.

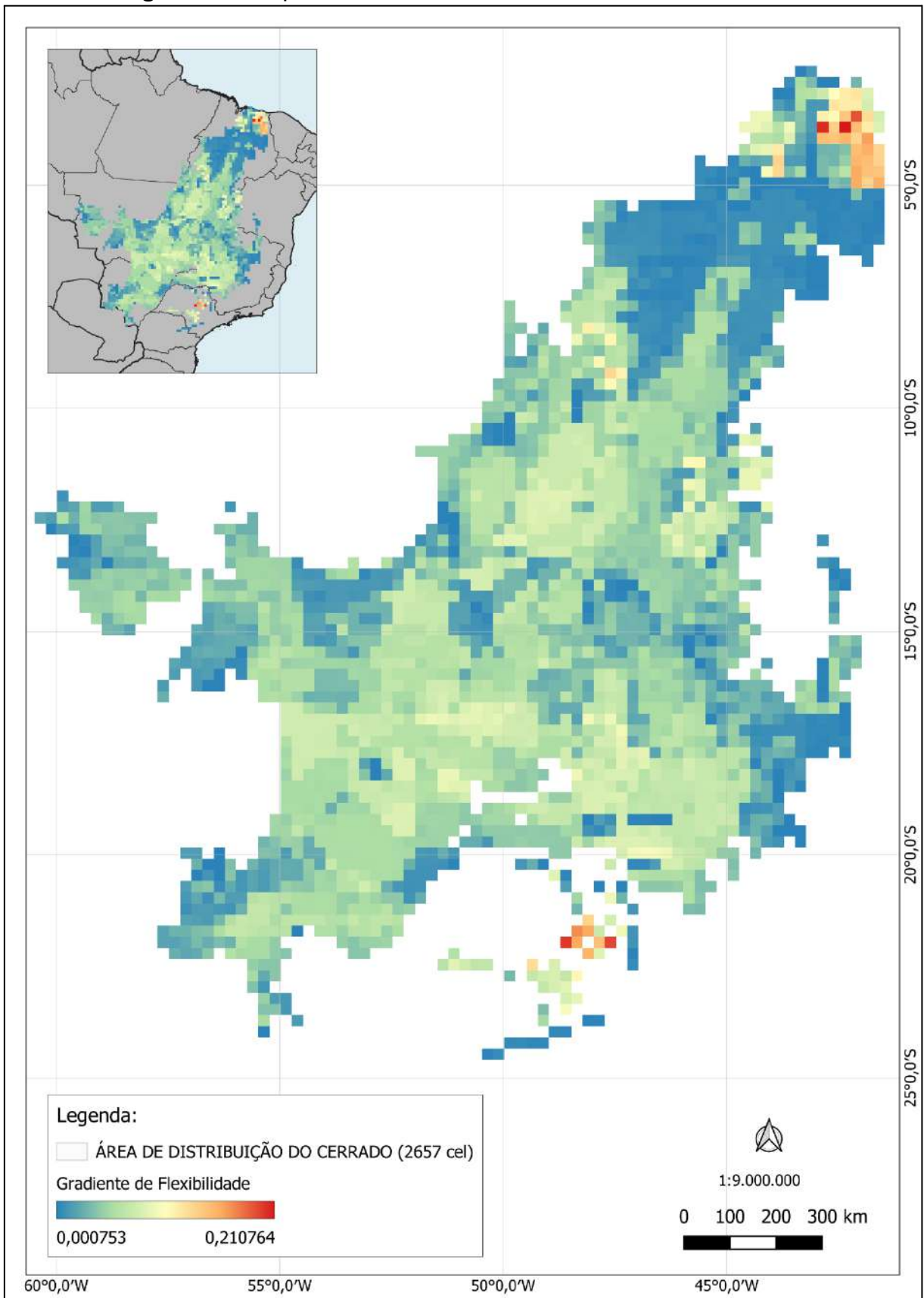
A resposta mediante a aleatorização dos dados resultou em uma alteração na cobertura de proteção sobre a distribuição das espécies. A Figura 7 “Histograma resultante da análise aleatória” ilustra a distribuição de cobertura para os recursos em uma seleção de áreas prioritárias (cel) $\geq 80\%$ escolhidas ao acaso. Os resultados indicam que, para uma priorização aleatória, áreas prioritárias (cel) $\geq 80\%$ apresentam um pico da cobertura da distribuição das espécies nas células 0-10% (barra mais à esquerda, 0-0,1). O máximo de cobertura das espécies ameaçadas é de 20%.

Figura 7 - Histograma resultante da análise aleatória e seleção de áreas prioritárias (cel) $\geq 80\%$



A flexibilidade medida para a ordenação obteve maior valor de célula igual a 0,21, no extremo nordeste e extremo sudeste da distribuição do Bioma. A Figura 8 “Mapa de flexibilidade das áreas prioritárias” estampa a ordenação de flexibilidade das células em todo o Cerrado. A maior porção da distribuição do Bioma recebeu valores de flexibilidade próximos a 0, podendo ser associado a alta a insubstituibilidade das células selecionadas para a priorização. O maior valor obtido por uma área prioritária (cel) $\geq 80\%$ selecionada na análise realizada pelo *Zonation@* foi de 0,0083.

Figura 8 - Mapa de Flexibilidade das Áreas Prioritárias - Total



5 DISCUSSÃO

A ordenação quanto à prioridade de conservação de áreas no Cerrado brasileiro foi realizada com base nos dados de distribuição de 91 espécies ameaçadas, com diferentes pesagens, mediante a classificação de ameaça atribuída pela União Internacional pela Conservação da Natureza (IUCN). O resultado desta análise gerou um mapa holístico de áreas prioritárias por todo o Bioma, restrito ao território nacional. Foram selecionadas áreas (cel) cuja prioridade equivalem a $\geq 80\%$, gerando então um mapa de distribuição destas células. Através deste mapa foi possível observar a distribuição de prioridade pelo território, principalmente nas regiões Centro-Oeste e Sudeste do Brasil. A curva de desempenho médio indicou que a priorização de áreas (cel) $\geq 80\%$ acarretaria na cobertura de área de pelo menos 50% da biodiversidade ameaçada. A mesma apresentou uma formatação côncava, semelhante a uma relação espécie-área, indicando que conforme a adição de áreas menos prioritárias fossem contempladas pela priorização, maiores seriam as coberturas de espécies de ampla distribuição. A alocação de recursos para áreas cuja prioridade corresponde a $\geq 80\%$ acarretaria na proteção total de espécies mais ameaçadas, enquanto que cobriria, pelo menos, 10% da área de táxons menos ameaçados.

De modo geral, a distribuição das áreas prioritárias seguiram dois padrões, (1) distribuição ao longo da borda e (2) distribuição de prioridade concentrada na porção central do bioma. Este primeiro padrão de distribuição pode ser associado com a utilização parcial do bioma por parte da fauna. Segundo Oliveira (2010), o Cerrado é utilizado por muitas espécies que ocorrem em biomas circunvizinhos como extensão de área para manutenção, ou seja, espécies que, em algum período da sua vida, buscam no Cerrado, por exemplo, um local para concretizar seu ciclo reprodutivo, alimentos em épocas de abundância de chuvas, entre outros (OLIVEIRA, 2010; RODRIGUES, 2016). A distribuição de prioridade na porção central do bioma também pode ser entendida como áreas de refúgio para a biodiversidade, distribuídas de maneira adjacentes a parques que estão encurralados pela fragmentação devido a ações antrópicas (ABRAHÃO, 2019). As áreas pertencentes ao Cerrado, na divisa entre os estados de MG, BA e GO, apresentam características de locais com alto nível de endemismo devido a alternância das fitofisionomias e relevo acidentado (LAMAS & RIBEIRO, 2008),

obtendo maior prioridade. É válido ressaltar que estes são locais que concentram grandes centros de pesquisas voltadas ao estudo da biodiversidade, proporcionando uma maior cobertura dos dados da fauna e, conseqüentemente, carregando um maior peso na análise (NORI & LOYOLA, 2020). Portanto, a disponibilidade de informações acerca dos táxons possibilitou uma maior acurácia na alocação de recursos.

Analisando as regiões individualmente, foi possível associar padrões quantitativos de distribuição das áreas prioritárias. A região Centro-Oeste concentrou o maior número de células prioritárias, cerca de 55%. Já a região norte apresentou a maior sobreposição entre as áreas priorizadas na análise e a rede de unidades de conservação já implementadas, um equivalente de 50% do contingente de áreas prioritárias já estavam sob algum regime de proteção (MMA, 2020). Em relação aos estados separadamente, Minas Gerais obteve a maior concentração de áreas prioritárias $\geq 80\%$ e o Tocantins obteve a maior sobreposição entre as áreas priorizadas na análise e a rede de UC's, mais de 50%.

O Centro-Oeste contempla a maior porção do Cerrado, correspondendo a aproximadamente 43,6% da área total (IBGE, 2019), dividido em 4 unidades federativas. A rede de unidades de proteção implementadas nesta região é numerosa, entretanto, a dimensionalidade das mesmas é reduzida (MMA, 2020). Conseqüentemente, ao realizar a conversão das áreas para polígonos, o quantitativo de células protegidas foi diminuto. O que resultou em uma sobreposição de 4,3% entre as áreas prioritárias selecionadas na análise e a rede de UC's implementadas na região. Isso pode estar relacionado a principal matriz do uso da terra nesta região. A ampla produção de *commodities*, como soja, impactando diretamente na proteção da biodiversidade a partir da subordinação de políticas de proteção ineficientes para áreas remanescentes, atribuindo proteção essencialmente para áreas acidentadas com baixo potencial de produtividade agrícola (FEARNSIDE, 2001; NELSON, 2009). Esta análise atribuiu a necessidade de adição de pelo menos 224 de áreas (cel), para a complementaridade da proteção das espécies ameaçadas distribuídas na região.

O Distrito Federal obteve destaque em conservação nesta região, sendo a única unidade federativa cuja proporção de áreas protegidas foi totalitária a sua extensão (MMA, 2020). Um quantitativo 28,5% da sua área foi considerada prioritária, entretanto, já abrangia políticas de conservação implementadas através

de Unidades de Conservação (UC's). O estado de Goiás representou a segunda maior porção de área protegida na região, cerca de 4,78% da área está destinada para políticas de conservação por meio das UC's (MMA, 2020), deste montante cerca de 17% sobrepuseram áreas consideradas prioritárias para a conservação. A necessidade de priorização das áreas neste estado se concentrou na região cuja a matriz se viu conservada em, majoritariamente, vegetação nativa primária (TERRACLASS, 2020). A distribuição de prioridade revelou a necessidade de proteção a regiões intimamente relacionadas às bacias hidrográficas do Tocantins-Araguaia e adjacências, evidenciando a forte ligação dos recursos hídricos à distribuição das espécies no bioma (SANTOS, 2019).

Os estados do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul apresentaram uma porcentagem ínfima de células de proteção, respectivamente, 3,97% e 0,96%. A matriz resultante do Cerrado nestes estados apresenta alto grau de degradação, tendo em vista que o principal uso e cobertura da terra está relacionado a agricultura intensiva altamente mecanizada (TERRACLASS, 2020). Para a complementarização das UC's pertencentes a estes estados, o *Zoneation* atribuiu a necessidade de ampliação de pelo menos 600% de células protegidas, principalmente nas regiões que fazem fronteira com o Pantanal. Uma outra ameaça à conservação nestas áreas está associado a caça ilegal e tráfico de animais, contribuindo para o agravamento do nível de ameaça das espécies que tem a sua distribuição nas cercanias da região (ALHO, 2019).

O Sudeste contempla cerca de 18,2% da distribuição do Cerrado, sendo a quarta maior porção em extensão territorial que é sobreposta pelo bioma (IBGE, 2019). A cobertura por Unidades de Conservação nesta área corresponde a aproximadamente 13,6% (MMA, 2020). Cerca de 21,1% das células protegidas na região se sobrepuseram às áreas prioritárias $\geq 80\%$, com destaque para o estado de Minas Gerais. A principal matriz relacionada ao uso da terra nesta região condiz com a produção de café, cana-de-açúcar e outras culturas perenes que demandam grandes áreas (TERRACLASS, 2020). Além da alta utilização para fins agrícolas, a porção de Cerrado pertencente à região Sudeste tem um histórico de fragmentação muito intenso oriundo do estabelecimento de centros urbanos e regiões de indústria (METZGER, 2010). A delimitação de áreas imposta pelo zoneamento está concentrada principalmente na área que contempla a bacia hidrográfica do Rio São

Francisco, importante recurso para a biodiversidade, associado também ao alto nível de endemismo proporcional à totalidade do bioma (ARAÚJO, 2015).

O estado de Minas Gerais obteve em seu território a maior porcentagem de áreas prioritárias (23,7%), definida a partir da análise. Neste estado a cobertura por células protegidas foi de 6,5% (MMA, 2020), deste quantitativo, cerca de 21% se sobrepuseram a áreas consideradas prioritárias pela análise. A alocação de recursos de conservação em sua extensão leva em consideração as diversas fitofisionomias que contribuem para a heterogeneidade ambiental e, conseqüentemente, alto grau de endemismo (WALTER, 2006), associado à bacia do Rio São Francisco, regiões de Serra e Chapadas. No estado de São Paulo a distribuição do Cerrado corresponde a 2,1% do bioma total (IBGE, 2019), desta porção cerca de 7,1% estava inserida em unidades de conservação. A priorização gerou um montante de 11 células com alta prioridade para a conservação da biodiversidade neste estado, nenhuma destas estava inserida na matriz protegida.

Cerca de 22% da área de distribuição do Cerrado está disposta no nordeste brasileiro, abrangendo partes da Bahia, Maranhão e Piauí (IBGE, 2019). As áreas protegidas neste bioma representam a cobertura de 31% da sua totalidade na região (MMA, 2020). Após a priorização foi visto que a sobreposição de células protegidas efetivamente instauradas na região equivalem a 16% das células cuja prioridade elevada foi atribuída. As fitofisionomias que prevalecem nesta região do Cerrado são as formações savânicas e seus derivados, com um relevo menos acidentado, chegando a formar extensas porções de terra altamente planas (RIBEIRO & WALTER, 2008). Por conta disso, um fator crucial para a deterioração de áreas que fazem fronteira entre as regiões norte e nordeste do bioma está relacionado à implementação de monoculturas na sub-região denominada “MATOPIBA” (GAMBA & COLLICCHIO, 2018). As taxas de desmatamento nesta região ultrapassam valores de outros biomas que possuem áreas até duas vezes maiores (FERREIRA, 2019). Segundo o IPAM (2022), o desmatamento nesta região do Cerrado ultrapassou 115.694 hectares somente no último trimestre de 2022.

O escoamento de grãos apresenta um fator adicionalmente importante para aumentar os riscos de persistência das espécies. A medida em que a fragmentação dos remanescentes se amplia, devido a necessidade de implementação de novas rodovias, resultando em barreiras físicas para a dispersão e levando a altos índices de atropelamento, agravando os níveis de ameaça das

populações (DUTRA *et al.* 2020). Além disso, o afugentamento de animais derivado da caça e criação ilegal apresenta um aspecto fundamentalmente importante. A criação ilegal de animais silvestres, principalmente, de aves enjauladas faz parte, muitas das vezes, de tradições culturais nesta região, ocasionando a captura ilegal em meio ao bioma e, conseqüentemente, aumentando os riscos de extinção das espécies (SALDANHA & PEIXOTO, 2021).

Áreas de integração entre Amazônia - Cerrado - Mata Atlântica, no extremo norte do Maranhão e Piauí, apresentaram alta prioridade para a conservação. Estas estão dispostas de forma circundante à unidades de conservação já estabelecidas (MMA, 2020), portanto foi considerado que são áreas que podem ser utilizadas para complementar a distribuição de áreas protegidas por terem uma matriz conservada de Cerrado (TERRACLASS, 2020).

No Norte do Brasil apenas 3 estados são sobrepostos pela distribuição do Cerrado, sendo eles Pará, Roraima e Tocantins, correspondendo a 18,3% da totalidade do bioma (IBGE, 2019). Porções do Cerrado nesta região fazem fronteira, principalmente, com parte da Amazônia, ao norte, e Caatinga, a nordeste. A presença da bacia hidrográfica Tocantins-Araguaia contribui de forma ampla para a manutenção da vida das espécies na região (SANTOS, 2019). Cerca de 14,4% da área está coberta por Unidades de Conservação (MMA, 2020), destas a atribuição de células prioritárias por parte do zoneamento sobrepõe cerca de 50%, sendo a maior sobreposição entre todas as regiões.

O estado do Tocantins aparece como peça chave para a conservação do bioma nesta região, mais de 80% do estado é coberto pelo Cerrado. As principais unidades de conservação estão dispostas nas laterais leste e sudoeste do estado (IBGE, 2020; MMA, 2020). Como citado anteriormente, o estado faz parte de uma nova fronteira agrícola, juntamente com os estados do nordeste, responsável pela maior taxa de conversão de terras no bioma (IPAM, 2022). Um dos principais recursos para biodiversidade fornecidos pelo bioma é a alta reserva hídrica. A bacia que dá nome ao estado representa um grande potencial de abastecimento e ao longo de sua distribuição influencia na alternância de fitofisionomias, promovendo uma elevada heterogeneidade ambiental (SANTOS, 2019). A preservação de áreas destinadas a conservação da diversidade animal, acarretaria diretamente na conservação de recursos ecossistêmicos disponibilizados pela bacia, tendo em vista os riscos promovidos pela drenagem e represamento das

águas que vem ocasionando um assoreamento do mesmo, alterando o regime hidrológico (CASTRO & MEIRELLES, 2015).

A distribuição do Cerrado pertencente aos estados do Pará e Roraima é ínfima. O aumento de área do bioma nesses estados está relacionado diretamente com a conversão de terras na região de fronteira com a Amazônia (COELHO & SOUZA, 2018), assumindo caráter de transição entre os biomas. Segundo Coelho & Souza (2018), a medida em que a área pertencente ao bioma amazônico é explorada de forma desordenada, tende a assumir aspectos fitofisionômicos parecidos ao Cerrado. Atividades de mineração nesta área resultam em um impacto devastador para a biodiversidade através da contaminação dos solos e riscos agregados (BUENO *et al.*, 2018).

Por fim, a região Sul do Brasil cuja extensão do Cerrado se reduz a ilhas no norte do estado do Paraná, representando 0,3% do bioma (IBGE, 2020). Apesar de representar uma pequena faixa da distribuição do Cerrado, a importância da conservação destes fragmentos é indiscutível. A fragmentação destas áreas retrata o principal componente para a não priorização, contribuindo para a diminuição da biodiversidade (HADDAD *et al.* 2015), impactando negativamente na análise. Apesar disso, estes locais representam o limite de distribuição de pelo menos 16 espécies (IUCN, 2023). A matriz associada a centros urbanos e uma expansão agropecuária (TERRACCLASS, 2020), representando ameaça para estas áreas. Apesar de não terem sido consideradas prioritárias para a conservação neste estudo, cerca de 75% da área já está protegida por Unidades de Conservação (MMA, 2020). Evidenciando a importância na preservação de remanescentes de Cerrado para a diversidade genética do conjunto total de áreas, além da conservação de fitofisionomias específicas da região (LINDENMAYER & FRANKLIN, 2002), uma vez que a dinâmica entre as populações que ocorrem nesta área foi, ao longo da evolução, filtrada e sujeitada a adaptações.

Análises adicionais para atestar a eficiência dos atributos selecionados para a priorização, neste caso as espécies ameaçadas, resultaram em bons demonstrativos. A análise aleatória indicou que a seleção de áreas prioritárias (cel) realizadas, originalmente, utilizando atributos de espécies ameaçadas e regra de perda marginal Função do Benefício Aditivo (ABF) conseguem capturar um amplo conjunto de áreas das espécies ameaçadas, a medida em que prioriza a complementaridade dos atributos de espécies menos ameaçadas, de forma

eficiente. A análise de pós-processamento referente a flexibilidade na escolha das áreas $\geq 80\%$, corroborou com a necessidade de priorização por conta dos baixos valores obtidos e, conseqüentemente, sendo consideradas insubstituíveis para que não acarretem piora na priorização. Atribuindo a estas áreas um valor indispensável para atingir as metas de conservação.

Dessa forma, é considerável uma proposta para estudos mais elaborados e direcionados a cada área prioritária, relevando os principais impactos negativos às espécies locais e assim aplicar diferentes graus de proteção, manutenção ou esforço de restauração que melhor se adequem.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Áreas prioritárias são locais cuja necessidade de proteção se sobrepõem aos demais mediante a possibilidade de degradação em um futuro próximo (MARGULES *et al.*, 2002). Buscando a priorização de células que abrangesse o maior quantitativo de espécies ameaçadas em quatro níveis determinados pela IUCN, sendo eles CR, EN, VU e NT, atribuindo uma maior pesagem para recursos em situações mais críticas de ameaça, este trabalho uniu o arcabouço teórico da biogeografia da conservação e dos resultados obtidos pelo *software Zonation@* para atender esse objetivo. A partir da distribuição de 91 espécies foram encontradas 442 células com dimensões de 0,25°x0,25° possam ser utilizadas como propostas de conservação. A região que apresentou o maior quantitativo de células prioritárias foi a região Centro-Oeste (50,6%), acentuando a importância de priorização nesta região. Em contrapartida, a região que apresentou maior sobreposição de unidades de conservação já implantadas em áreas prioritárias (cel) $\geq 80\%$ foi a região Norte (50%). A região Sul foi a única na qual nenhuma área prioritária foi estabelecida em seu território. A distribuição das células prioritárias seguiram um padrão associado a borda do Cerrado e porções circunvizinhas das principais bacias hidrográficas estão distribuídas em seu território.

A curva de desempenho médio obtido através da análise indicou que os esforços de proteção para áreas $\geq 80\%$ representam a cobertura de pelo menos metade da distribuição dos organismos utilizados no estudo. Evidenciando que nenhum recurso ocorreria totalmente fora das áreas priorizadas. A distribuição quando a captura das áreas pela porcentagem selecionada, obtida através do histograma, mostra que a para a maioria das espécies, as áreas prioritárias, captaram cerca de 20-30% da sua distribuição. Mais de 20% das espécies utilizadas retiram 100% da sua distribuição nas células priorizadas e nenhuma espécie teria sua distribuição excluída destas células.

Análises adicionais testando a aleatoriedade na escolha de áreas e a flexibilidade das células escolhidas revelaram que, para os dados utilizados, a escolha de áreas foi bem significativa. Deste modo, as áreas priorizadas neste trabalho, cuja distribuição não sobrepõe a rede de unidades protegidas, podem ser utilizadas para alocação de recursos a fim de garantir a perpetuação de espécies ameaçadas.

O principal agravante do *status* de ameaça das espécies que ocorrem no bioma está relacionado ao intenso nível de conversão de terras ocasionado pela agropecuária e expansão urbana. Demonstrando a necessidade de alocação de recursos em áreas que abrangem as distribuições das principais espécies ameaçadas de extinção, contribuindo para a proteção de espécies relacionadas e serviços ecossistêmicos. Além disso, a implementação de estudos mais elaborados para as áreas que foram consideradas prioritárias são recomendados, atribuindo unicidade para consolidação da preservação.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAHÃO, C. R. et al. Effectiveness of protected areas in conserving the Brazilian Cerrado mammal fauna. *Journal for Nature Conservation*, 47, 30-36, 2019
- AB'SÁBER, Aziz Nacib. O domínio dos cerrados: introdução ao conhecimento. 1983.
- AGUIAR LMS, RB MACHADO e J MARINHO-FILHO. A diversidade biológica do Cerrado. Pp. 17- 40, em: *Cerrado: ecologia e caracterização* (LMS Aguiar e AJA Camargo, eds.). Planaltina, Distrito Federal, Embrapa Cerrados; Brasília, Embrapa Informação Tecnológica, 2004.
- ARAÚJO, F. S. et al. Biodiversity hotspots and conservation priorities in the São Francisco river basin, Brazil. *Tropical Conservation Science*, 8(2), 376-396, 2015.
- ALHO, C. JR et al. Ameaças à biodiversidade do Pantanal Brasileiro pelo uso e ocupação da terra. *Ambiente & Sociedade*, v. 22, 2019.
- BAGHDADI, N.; MALLET, C.; ZRIBI, M. QGIS and generic tools. John Wiley & Sons, 2018.
- BICKEL, U. Brasil: expansão da soja, conflitos sócio-ecológicos e segurança alimentar. MSc thesis, School of Agronomy, University of Bonn, Germany, 40 - 45 p. 2004.
- BINI, L.M.; Diniz-Filho, J.A.F.; Rangel, T.F.L.V.B.; Bastos, R.P. & Pinto, M.P. 2006. Challenging Wallacean and Linnean shortfalls: knowledge gradients and conservation planning in a biodiversity hotspot. *Diversity and Distributions*, 12: 475-482.
- BORLAUG, N.E. Feeding a world of 10 billion people: the miracle ahead. In: R. Bailey (ed.). *Global warming and other eco-myths*. pp. 29-60. Competitive Enterprise Institute, Roseville, EUA. 2002.
- BOLFE, E. L.; SANO, E. E.; CAMPOS, S. K. (Ed.). *Dinâmica agrícola no cerrado: análises e projeções*. Brasília, DF: Embrapa, v. 1, cap. 1, p. 21-37, 2020.
- BUENO, M. L. et al. Impactos ambientais da mineração no Cerrado. In *Ambientes Naturais do Brasil: Impactos, Gestão e Desenvolvimento Sustentável* 99-121, 2018.
- CASTRO, E. S., & MEIRELLES, S. T. Sediment yield and sediment delivery ratio in a Cerrado watershed: The role of land cover and land use. *Catena*, 128, 176-184, 2015.
- CAVIERES, L.A. *et al.*, 2002. Identification of priority areas for conservation in na arid zone: Application of parsimony analysis of endemicity in the vascular flora of the Antofagasta region, northern Chile. *Biodiversity and Conservation*, 11: 1301-1311.
- COELHO, A. S., & SOUZA, J. L. Conversion of Amazonian forests to cerrado and pasture in southern Rondônia, Brazil: Deforestation trajectories and land

management strategies. *Land Use Policy*, 71, 557-568, 2018.

COLE, M. M. Cerrado, Caatinga and Pantanal: the distribution and origin of the savanna vegetation of Brazil. *The Geographical Journal*, London, v. 136, n. 2, p. 168-179, 1960.

COUTINHO, L. M. O Cerrado e a Ecologia do Fogo. *Ciência Hoje* vol. 12, nº68: 22-30, Rio de Janeiro, 1990.

DI MININ, Enrico et al. *A quick introduction to Zonation*. 2014.

DUDLEY, Nigel (Ed.). *Guidelines for applying protected area management categories*. Iucn, 2008.

DUTRA, S. et al. Paisagens e fronteiras do Cerrado: ciência, biodiversidade e expansão agrícola nos chapadões centrais do Brasil. *Estudos Ibero-Americanos*, v. 46, n. 1, p. e34028-e34028, 2020.

FEARNSIDE, P. M. Soybean cultivation as a threat to the environment in Brazil. *Environmental Conservation*, 28(1), 23-38, 2001.

FERREIRA, L. G., et al. From Amazonia to the Cerrado: a comparative analysis of deforestation and socioenvironmental drivers in Brazil. *Land Use Policy*, 88, 104110, 2019.

FERNANDES, P. A.; PESSÔA, V. L. S. O cerrado e suas atividades impactantes: uma leitura sobre o garimpo, a mineração e a agricultura mecanizada. *Observatorium: Revista Eletrônica de Geografia*, v. 3, n. 7, 2011.

FONSECA, M.; LAMAS, I.; KASECKER, T.. O papel das unidades de conservação. *Scientific American Brasil*, v. 39, p. 18-23, 2010.

FRANCISCO, M. R.; SILVEIRA, L. F. Conservação Animal ex situ. *Conservação da biodiversidade dos conceitos às ações*. Rio de Janeiro: Technical Books, v. 1, p. 117-130, 2013.

GAMBA, F. B.; COLLICCHIO, E.. Cultivo da soja em áreas de entorno do Mosaico das Unidades de Conservação do Jalapão, na região do Matopiba. *Revista Liberato*, v. 19, n. 32, p. 179-190, 2018.

HARIDASAN, M. Aluminum accumulation by some Cerrado native species in Central Brazil. *Plant and Soil* 65: 265-273, 1982.

HADDAD, N. M. et al. 2015. "Habitat Fragmentation and Its Lasting Impact on Earth's Ecosystems." *Science Advances* 1: 1–9.

ICMBio. *Coordenação de avaliação do estado de conservação da biodiversidade: versão 2.0*. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, 2013.

IPAM. *Desmatamento no Matopiba faz Cerrado perder área equivalente a Palmas*.

Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia, 2022. Disponível em:
<<https://ipam.org.br/cerrado-perde-area-equivalente-a-palmas-puxado-por-aumento-do-desmatamento-no-matopiba/>> Acesso: abril de 2023.

IUCN, S. S. C. IUCN Red List categories and criteria: version 3.1. **Prepared by the IUCN Species Survival Commission**, 2001

IUCN. Release of the 2006 IUCN Red List of Threatened Species reveals ongoing decline of the status of plants and animals, 2006.

IUCN 2022. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2022-2.
<<https://www.iucnredlist.org/>>. Acesso em 15 de Outubro de 2022.

KAREIVA, P.; MARVIER, M. What Is Conservation Science? **BioScience**, 62, n. 11, p. 962-969, 2012

KIRKPATRICK, D. Optimal search in planar subdivisions. *SIAM Journal on Computing*, v. 12, n. 1, p. 28-35, 1983.

KLINK, C.A. & A.G. MOREIRA. Past and current human occupation and land-use. In: P.S. Oliveira & R.J. Marquis (eds.). *The Cerrado of Brazil. Ecology and natural history of a neotropical savanna*. pp. 69-88. 2002.

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

KNIGHT, A. T.; COWLING, R. M. Embracing opportunism in the selection of priority conservation areas. *Conservation Biology*, v. 21, n. 4, p. 1124-1126, 2007. LADLE, Richard; WHITTAKER, Robert J. (Ed.). *Conservation biogeography*. John Wiley & Sons, 2011.

LAMAS, I. R., & RIBEIRO, M. C. . Endemismo de mamíferos e aves ameaçados de extinção na Cadeia do Espinhaço, Minas Gerais e Bahia. *Biodiversidade Brasileira*, 1(1), 83-96, 2008.

LINDENMAYER, David B.; FRANKLIN, Jerry F. *Conserving forest biodiversity: a comprehensive multiscaled approach*. Island press, 2002.

MACHADO et al. Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro. *Conservation International do Brasil*, Brasília. 2004a

MACHADO et al. Análise de lacunas de proteção da biodiversidade no Cerrado. In: *Anais IV Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação*. pg 29-38. Fundação O Boticário de Proteção à Natureza, Curitiba, Brasil, 2004b.

MARGULES CR & PRESSEY RL. Systematic conservation planning. **Nature**, 405: 243-253, 2000.

MARGULES C & SARKAR S. *Systematic conservation planning*. Cambridge, Cambridge University Press. 270p, 2007.

- MATTOS, I. Resposta dos pequenos mamíferos do Cerrado à fragmentação e perda de habitat: uma perspectiva funcional e trófica. 2020. 134 f., il. Tese (Doutorado em Zoologia)—Universidade de Brasília, Brasília, 2020.
- MENDONÇA, R.C. et al. 2008. Flora vascular do bioma Cerrado: checklist com 12.356 espécies. Pp. 423-1279. In: S.M. Sano; Almeida, S.P. & J.F. Ribeiro (eds.). Cerrado: ecologia e flora. v. 2. Brasília, Embrapa Informação e Tecnologia.
- MMA. Cerrado. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <<https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/ecossistemas-1/biomas/cerrado>>. Acesso em: dez/2022
- MMA. Impactos sobre a Biodiversidade. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/>>. Acesso em: fev/2023.
- MMA. Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC). Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <<https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/areasprotegidasecoturismo/sistema-nacional-de-unidades-de-conservacao-da-natureza-snuc>>. Acesso em: abr/2023.
- METZGER, J. P. Conservation of the Brazilian Cerrado. *Conservation Biology*, 24(2), 526-527, 2010.
- MOILANEN A, WILSON KA & POSSINGHAM HP. Spatial Conservation Prioritization – Quantitative Methods & computational tools Oxford: Oxford University Press, 2009.
- MOILANEN, A. et al. Novel methods for spatial prioritization with applications in conservation, land use planning and ecological impact avoidance. *Methods in Ecology and Evolution*, v. 13, n. 5, p. 1062-1072, 2022.
- MUELLER, C. Expansion and Modernization of Agriculture in the Cerrado – the Case of Soybeans in Brazil's Center-West. Department of Economics, University of Brasilia, Brasilia. 306 p. 2003.
- MYERS, N., R.A. MITTERMEIER, C.G. MITTERMEIER, G.A.B. DA FONSECA & J. KENT. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403: 853-858, 2000.
- NASCIMENTO, Itaborai Velasco. Cerrado: o fogo como agente ecológico. *Territorium*, n. 8, p. 25-35, 2001.
- NELSON, E., et al. Modeling multiple ecosystem services, biodiversity conservation, commodity production, and tradeoffs at landscape scales. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 7(1), 4-11, 2009.
- NETO, P. L.; LOYOLA, R. Biogeografia da conservação. *Biogeografia da América do Sul: analisando espaço, tempo e forma*, 2nd. ROCA Editors, p. 168-179, 2016.
- NORI, J.; LOYOLA, R.; VILLALOBOS, F. Priority areas for conservation of and research focused on terrestrial vertebrates. *Conservation Biology*, v. 34, n. 5, p.

1281-1291, 2020.

OLIVEIRA, A. C. M. de et al. Os Animais da Tanguro, Mato Grosso: diversidade na zona de transição entre a floresta Amazônica e o cerrado. Universidade Federal do Pará, 2010.

OLIVEIRA PS & MARQUIS RJ, The Cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna. New York: Columbia University Press. 424 p. 2002.

OLIVEIRA, R. S. et al. Deep root function in soil water dynamics in cerrado savannas of central Brazil. *Functional Ecology*, v. 19, n. 4, p. 574-581, 2005.

PINTO MP & BINI LM. Vieses geográficos e taxonômicos nas pesquisas sobre seleção de reservas: uma análise quantitativa de 1992 a 2004. *Natureza & Conservação*, 6(1): 35-45, 2008.

PINTO MP & GRELE CEV. Seleção de reservas: Estudos na América do Sul e revisão de conceitos, *Oecologia Brasiliensis* 13(3): 498-517, 2009

PRADO, T. R., FERREIRA A. A. & GUIMARÃES Z. F. S.. "Efeito Da Implantação De Rodovias No Cerrado Brasileiro Sobre a Fauna De Vertebrados." *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, Vol.28 (3), 2007.

PRESSEY, R.L.; HUMPHRIES, C.J.; MARGULES, C.R.; VANE-WRIGHT, R.I.; WILLIAMS, P.H. Beyond opportunism: key principles for systematic reserve selection. *Trends in Ecology & Evolution* 8(4):124-128.1993.

PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E. *Biologia da conservação*. In: **Biologia da conservação**, 2006.

RIBEIRO, J. F & WALTER, B. M. T. As Principais Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. de; RIBEIRO, J. F. (Ed.). *Cerrado: ecologia e flora* v. 2. Brasília: EMBRAPA-CERRADOS, 876 p, 2008.

RIBEIRO, J. F & WALTER, B. M. T. *Fitofisionomias do bioma Cerrado*. 1998.

RODRIGUES, A. SL; BROOKS, T. M. Shortcuts for biodiversity conservation planning: the effectiveness of surrogates. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.*, v. 38, p. 713-737, 2007.

RODRIGUES, A. S.L. et al. Global gap analysis: priority regions for expanding the global protected-area network. *BioScience*, v. 54, n. 12, p. 1092-1100, 2004.

RODRIGUES, Efraim. *Biologia da Conservação: ciência da crise*. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 23, n. 2, p. 261-272, 2002.

RODRIGUES, N. S. S. O. Ocupação por anta (*Tapirus terrestris*, Linnaeus 1758) em uma área de transição Cerrado e Mata Atlântica no sudeste do Brasil. 2016.

RODRIGUES, V. E. G.; CARVALHO, DA de. Levantamento etnobotânico de plantas

medicinais no domínio do cerrado na região do Alto Rio Grande-Minas Gerais. *Ciência e agrotecnologia*, v. 25, n. 1, p. 102-123, 2001.

SALDANHA, P. O.; PEIXOTO, R. S. Análise bibliográfica do tráfico de animais silvestres no Nordeste do Brasil na última década. *Revista Multidisciplinar do Núcleo de Pesquisa e Extensão (RevNUPE)*, v. 1, n. 1, p. e202102-e202102, 2021.

SANO et al.,. Mapeamento da cobertura vegetal natural e antrópica do bioma Cerrado por meio de imagens Landsat ETM. *Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*. 38400-920, 2009.

SANO, E. E.; FERREIRA, G. L. CONSIDERAÇÕES SOBRE A OCUPAÇÃO AGRÍCOLA DO CERRADO. *Revista UFG, Goiânia*, v. 12, n. 9, 2017. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/revistaufg/article/view/48321>. Acesso em: 13 maio. 2023.

SANTOS, G. M. Biodiversidade e Conservação no Rio Tocantins: Perspectivas para o Desenvolvimento de Estudos e Ações. *Revista Brasileira de Biociências*, 17(3), 54-62, 2019.

SARTORELLI, P.A.R., CAMPOS FILHO, E.M. Guia de plantas da regeneração natural do Cerrado e da Mata Atlântica. São Paulo: Agroicone, 2017.

SILVA, J.M.C. DA & J.M. BATES. Biogeographic patterns and conservation in the South American Cerrado: a tropical savanna hotspot. *BioScience* 52: 225-233, 2002.

SOULÉ, M. E. What is conservation biology? **BioScience**, 35, n. 11, p. 727-734, 1985.

TRINDADE-FILHO J. E R. LOYOLA. Performance and Consistency of Indicator Groups in Two Biodiversity Hotspots. *PlosOne* 6: e19746, 2011.

WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado: síntese terminológica e relações florísticas. 2006.

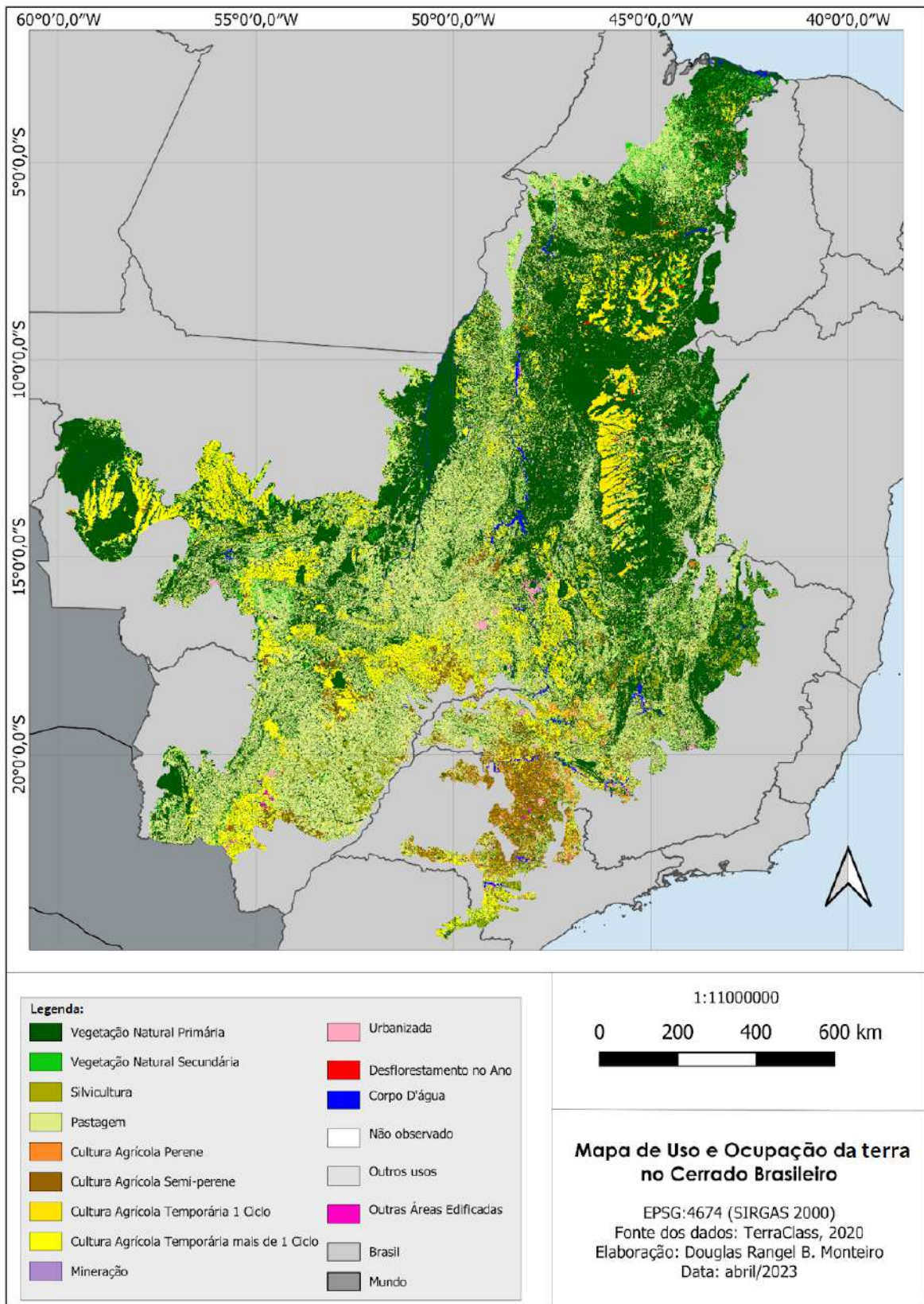
WEERD, M. V.; HAES, H. A. U. Cross-taxon congruence in tree, bird and bat species distributions at a moderate spatial scale across four tropical forest types in the Philippines. *Biodiversity and Conservation*, v. 19, p. 3393-3411, 2010.

WESTGATE M.J. et al. Global meta-analysis reveals low consistency of biodiversity congruence relationships. *Nat Commun* 5:1–8, 2014

WILSON K.A., et al.. Conserving biodiversity efficiently: What to do, where, and when. **PLOS Biology** 5 (art. e223): 1850–1861.doi:10.1371/journal.pbio.0050223 2007.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Mapa de uso e ocupação da terra no Cerrado brasileiro



Fonte: TerraClass, 2020

APÊNDICE B - Lista de espécies utilizadas para a priorização

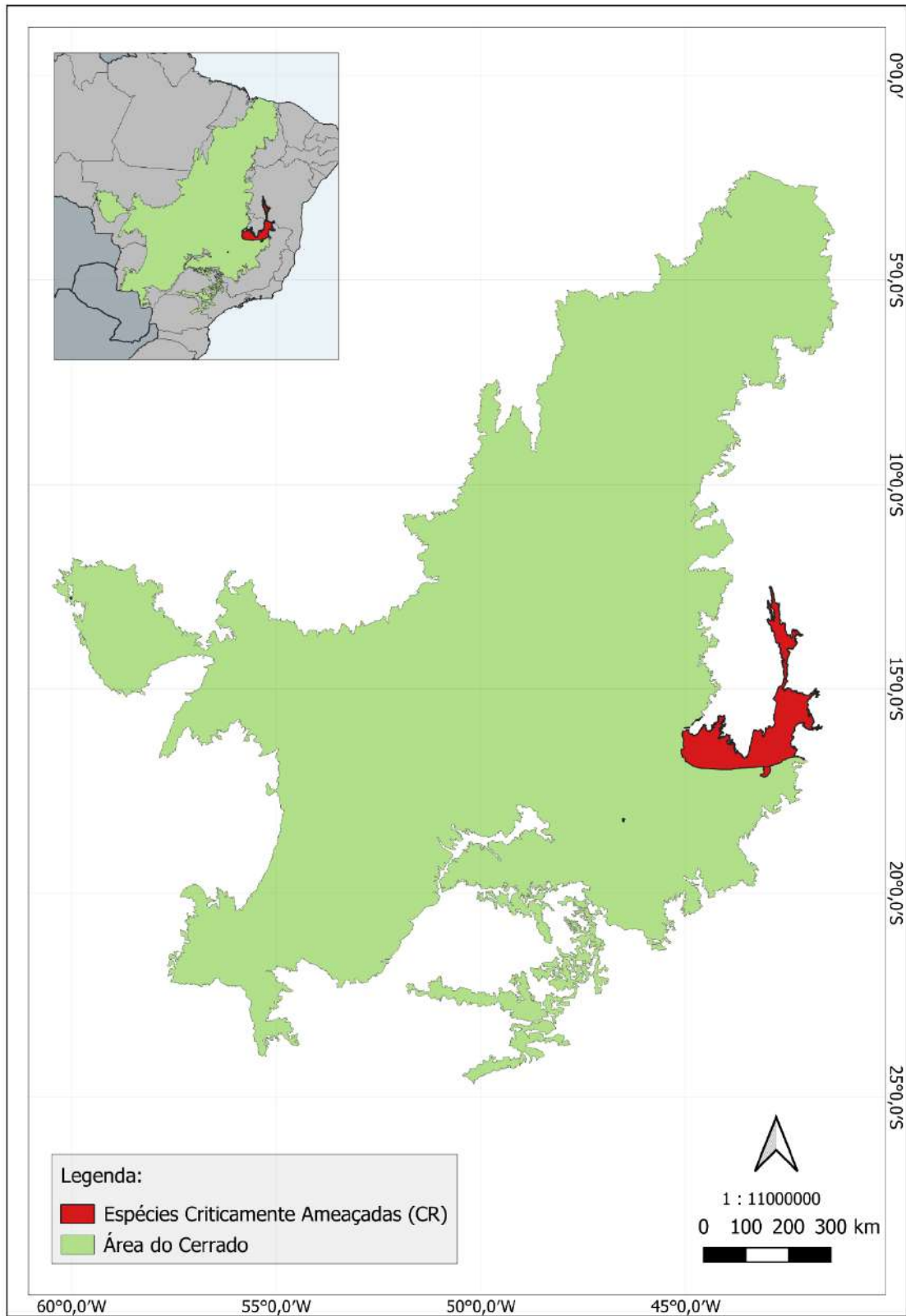
Status	Nome Científico	Grupo Taxonômico
CR	<i>Apostolepis striata</i>	Herpetofauna
CR	<i>Bokermannohyla ravida</i>	Herpetofauna
CR	<i>Columbina cyanopis</i>	Avifauna
CR	<i>Sapajus xanthosternos</i>	Mastofauna
EN	<i>Alouatta ululata</i>	Mastofauna
EN	<i>Apostolepis serrana</i>	Herpetofauna
EN	<i>Bachia didactyla</i>	Herpetofauna
EN	<i>Bokermannohyla napolii</i>	Herpetofauna
EN	<i>Buteogallus coronatus</i>	Avifauna
EN	<i>Heterodactylus lundii</i>	Herpetofauna
EN	<i>Lonchophylla bokermanni</i>	Mastofauna
EN	<i>Lonchophylla dekeyseri</i>	Mastofauna
EN	<i>Phalotris multipunctatus</i>	Herpetofauna
EN	<i>Placosoma cipoense</i>	Herpetofauna
EN	<i>Ramphastos ariel</i>	Avifauna
EN	<i>Taoniscus nanus</i>	Avifauna
EN	<i>Trinomys moojeni</i>	Mastofauna
VU	<i>Alectrurus tricolor</i>	Avifauna
VU	<i>Alouatta puruensis</i>	Mastofauna
VU	<i>Anodorhynchus hyacinthinus</i>	Avifauna
VU	<i>Apostolepis vittata</i>	Herpetofauna
VU	<i>Bachia bresslaui</i>	Herpetofauna
VU	<i>Blastocerus dichotomus</i>	Mastofauna
VU	<i>Buteogallus lacernulatus</i>	Avifauna
VU	<i>Canthon corpulentus</i>	Entomofauna
VU	<i>Celeus obrieni</i>	Avifauna
VU	<i>Crax fasciolata</i>	Avifauna
VU	<i>Culicivora caudacuta</i>	Avifauna
VU	<i>Eleothreptus anomalus</i>	Avifauna
VU	<i>Eleothreptus candicans</i>	Avifauna
VU	<i>Euryoryzomys lamia</i>	Mastofauna
VU	<i>Geositta poeciloptera</i>	Avifauna
VU	<i>Harpia harpyja</i>	Avifauna
VU	<i>Herpsilochmus pectoralis</i>	Avifauna

VU	<i>Lagothrix lagothricha</i>	Mastofauna
VU	<i>Leopardus guttulus</i>	Mastofauna
VU	<i>Myrmecophaga tridactyla</i>	Mastofauna
VU	<i>Nothura minor</i>	Avifauna
VU	<i>Papilio himeros</i>	Entomofauna
VU	<i>Penelope jacucaca</i>	Avifauna
VU	<i>Penelope ochrogaster</i>	Avifauna
VU	<i>Penelope pileata</i>	Avifauna
VU	<i>Pithecopus centralis</i>	Herpetofauna
VU	<i>Priodontes maximus</i>	Mastofauna
VU	<i>Proceratophrys carranca</i>	Herpetofauna
VU	<i>Sapajus cay</i>	Mastofauna
VU	<i>Tantilla boipiranga</i>	Herpetofauna
VU	<i>Tapirus terrestris</i>	Mastofauna
VU	<i>Tayassu pecari</i>	Mastofauna
VU	<i>Thylamys karimii</i>	Mastofauna
VU	<i>Tolypeutes tricinctus</i>	Mastofauna
VU	<i>Xiphocolaptes falcirostris</i>	Avifauna
NT	<i>Alipiopsitta xanthops</i>	Avifauna
NT	<i>Alouatta caraya</i>	Mastofauna
NT	<i>Amazona aestiva</i>	Avifauna
NT	<i>Amphisbaena saxosa</i>	Herpetofauna
NT	<i>Boana cipoensis</i>	Herpetofauna
NT	<i>Buteogallus aequinoctialis</i>	Avifauna
NT	<i>Charitospiza eucosma</i>	Avifauna
NT	<i>Chrysocyon brachyurus</i>	Mastofauna
NT	<i>Crypturellus noctivagus</i>	Avifauna
NT	<i>Euscarthmus rufomarginatus</i>	Avifauna
NT	<i>Grammadera chapadensis</i>	Entomofauna
NT	<i>Guyramemua affinis</i>	Avifauna
NT	<i>Kentropyx vanzoi</i>	Herpetofauna
NT	<i>Leopardus colocolo</i>	Mastofauna
NT	<i>Leopardus wiedii</i>	Mastofauna
NT	<i>Lophornis gouldii</i>	Avifauna
NT	<i>Lycalopex vetulus</i>	Mastofauna
NT	<i>Mico melanurus</i>	Mastofauna

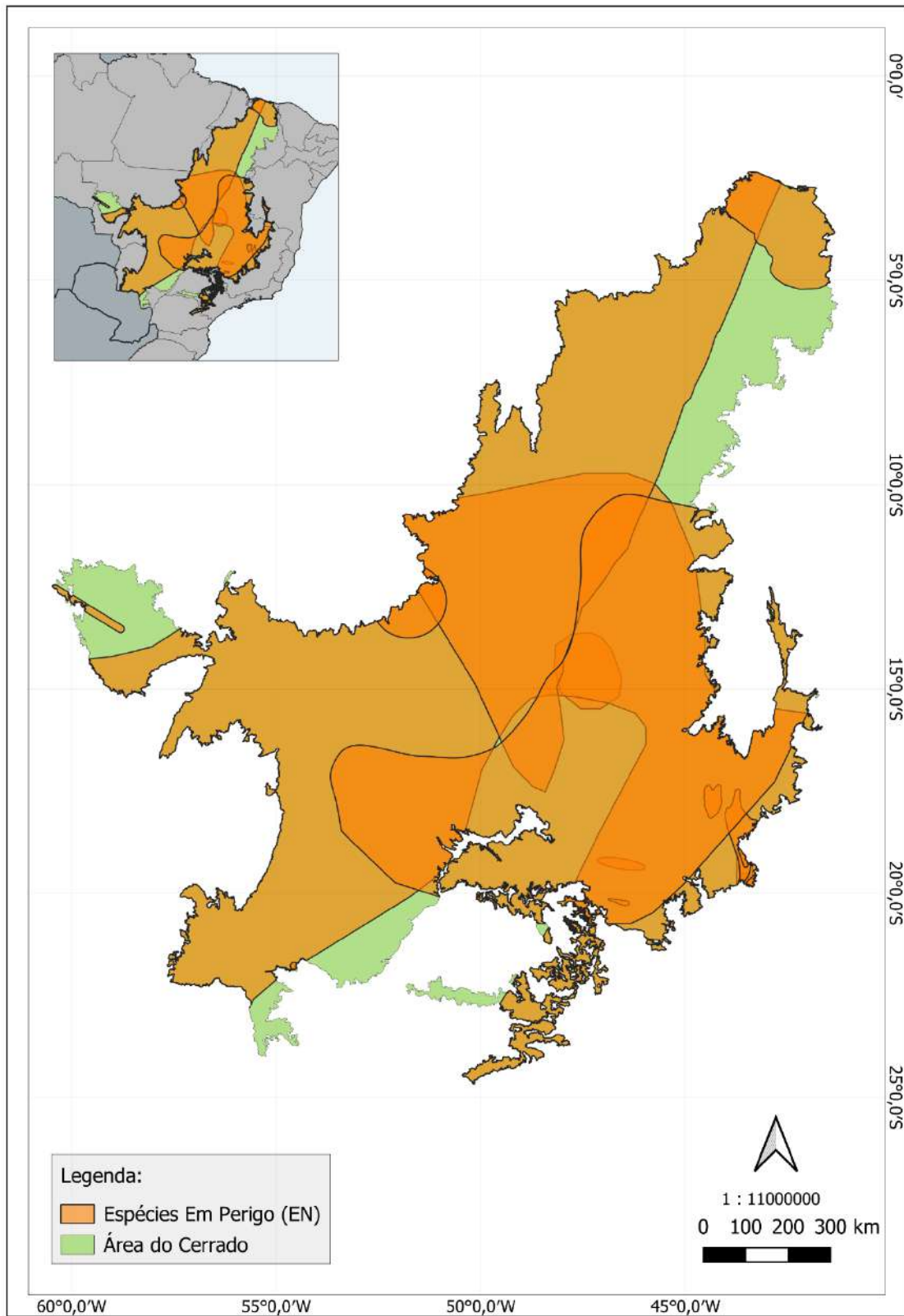
NT	<i>Neochen jubata</i>	Avifauna
NT	<i>Neothraupis fasciata</i>	Avifauna
NT	<i>Oxyprora flavicornis</i>	Entomofauna
NT	<i>Ozotoceros bezoarticus</i>	Mastofauna
NT	<i>Panthera onca</i>	Mastofauna
NT	<i>Penelope superciliaris</i>	Avifauna
NT	<i>Phalotris lativittatus</i>	Herpetofauna
NT	<i>Pipile grayi</i>	Avifauna
NT	<i>Polystictus pectoralis</i>	Avifauna
NT	<i>Porphyrospiza caerulescens</i>	Avifauna
NT	<i>Primolius maracana</i>	Avifauna
NT	<i>Pseudocolopteryx dinelliana</i>	Avifauna
NT	<i>Psilops paeminus</i>	Herpetofauna
NT	<i>Rhea americana</i>	Avifauna
NT	<i>Sapajus libidinosus</i>	Mastofauna
NT	<i>Speothos venaticus</i>	Mastofauna
NT	<i>Spizaetus ornatus</i>	Avifauna
NT	<i>Sporophila hypochroma</i>	Avifauna
NT	<i>Thylamys macrurus</i>	Mastofauna
NT	<i>Thylamys velutinus</i>	Mastofauna
NT	<i>Tolypeutes matacus</i>	Mastofauna

Fonte: IUCN, acessado em 2023.

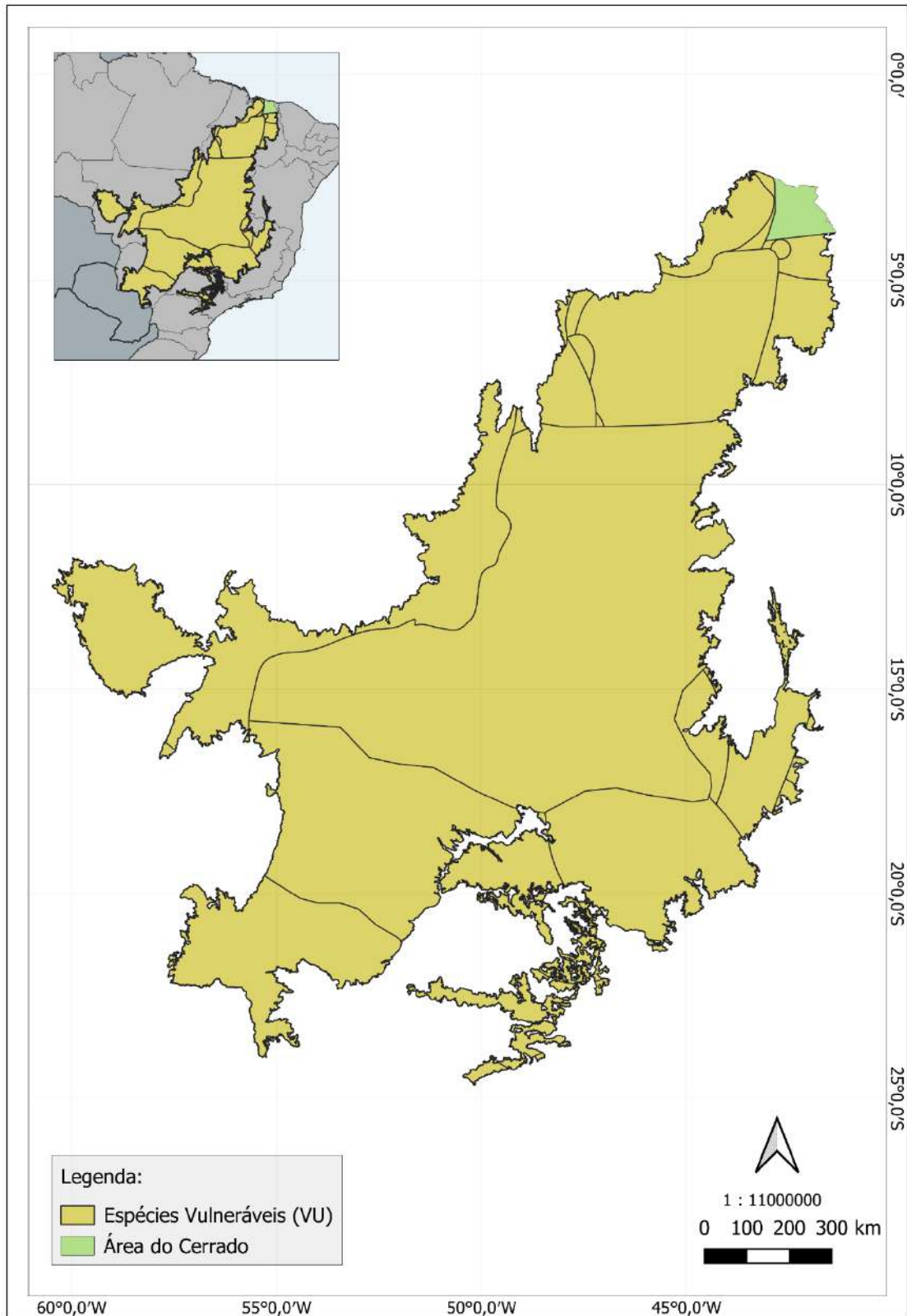
Nota: CR = Criticamente Ameaçado; EN = Em Perigo; VU = Vulnerável; NT = Quase Ameaçado;

APÊNDICE C - Área de distribuição de espécies Criticamente Ameaçadas (n=4)

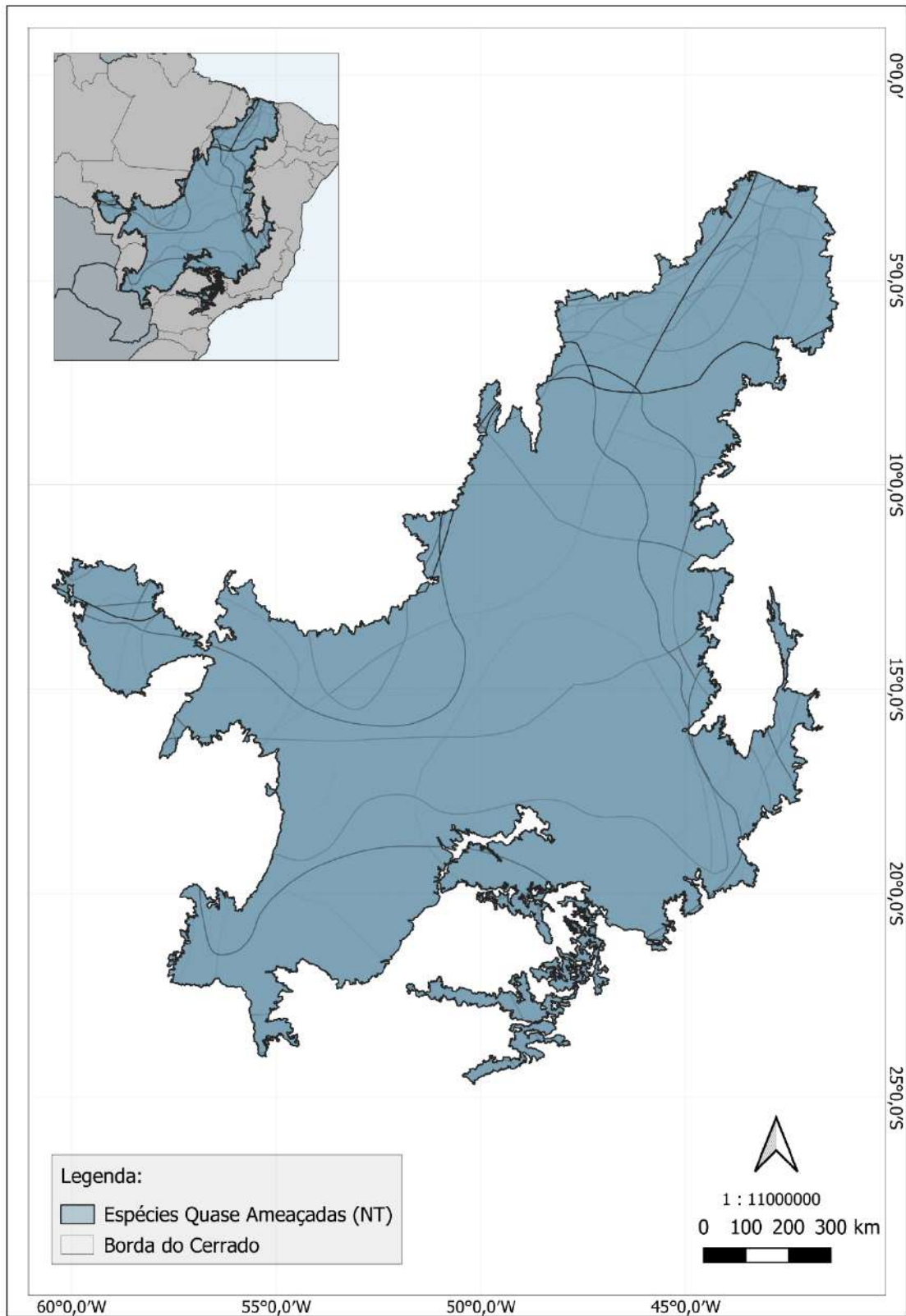
Fonte: IUCN, acessado em 2023

APÊNDICE D - Área de distribuição de espécies Em Perigo (en) (n=13)

Fonte: IUCN, acessado em 2023

APÊNDICE E - Área de distribuição de espécies Vulneráveis (n=35)

Fonte: IUCN, acessado em 2023

APÊNDICE F - Área de distribuição de espécies Quase Ameaçadas (n=39)

Fonte: IUCN, acessado em 2023

APÊNDICE G - Quantitativo de Unidades de Conservação no Cerrado por estado

Estado	Áreas de Proteção Integral	Áreas de Uso Sustentável	Áreas Protegidas Total
BA	10	6	16
DF	22	7	29
GO	23	33	56
MA	7	9	16
MG	59	18	77
MT	8	24	32
MS	4	18	22
PA	0	0	0
PI	8	6	14
PR	1	2	3
RO	0	0	0
SP	21	6	27
TO	12	13	25
TOTAL	175	166	341

Fonte: MMA, 2023.

Nota: Algumas Unidades de Conservação podem ter sido contadas mais de uma vez, levando em consideração que a cobertura de proteção possa exceder o limite político da Unidade Federativa.

APÊNDICE H - Sobreposição das Unidades de Conservação existentes e Áreas Prioritárias

Sigla	Nº de Áreas Prioritárias (cel)	Nº de Áreas prioritárias sobrepostas	Nº de células restantes
BA	49	6	43
DF	2	2	0
GO	88	15	73
MA	28	7	21
MG	133	26	107
MT	99	4	95
MS	58	2	56
PA	2	0	2
PI	10	1	9
PR	0	0	0
RO	4	0	4
SP	11	0	11
TO	54	31	23
Total	531	89	442

Fonte: O AUTOR, 2023

Nota: Para mais detalhes, ver apêndice.

APÊNDICE I - Lista de Unidades de Conservação sobrepostas

Nome	Tipo
1 Área De Proteção Ambiental Dos Morros Garapenses	APA
2 Área De Proteção Ambiental Da Foz Do Rio Das Preguiças - Pequenos Lençóis - Região Lagunar Adjacente	APA
3 Área De Proteção Ambiental Delta Do Parnaíba	APA
4 Área De Proteção Ambiental Jalapão	APA
5 Área De Proteção Ambiental Do Rio Preto	APA
6 Área De Proteção Ambiental Serra Do Lajeado	APA
7 Área De Proteção Ambiental Lago De Palmas	APA
8 Área De Proteção Ambiental Ilha Do Bananal/Cantão	APA
9 Área De Proteção Ambiental Nascentes Do Rio Paraguai	APA
10 Área De Proteção Ambiental Estrada Parque De Piraputanga	APA
11 APA Municipal do Aricá-Açu	APA
12 Área De Proteção Ambiental Da Chapada Dos Guimarães	APA
13 Área De Proteção Ambiental Dos Pireneus	APA
14 Área De Proteção Ambiental Da Bacia Do Rio São Bartolomeu	APA
15 Área De Proteção Ambiental João Leite	APA
16 Área De Proteção Ambiental Águas Vertentes	APA
17 Área De Proteção Ambiental Morro Da Pedreira	APA
18 Área De Proteção Ambiental Do Itacuru	APA
19 Área De Proteção Ambiental Pouso Alto	APA
20 Área De Proteção Ambiental Do Planalto Central	APA
21 Apa De Cafuringa	APA
22 Apa Da Bacia Dos Ribeirões Do Gama E Cabeça De Veado	APA
23 Área De Proteção Ambiental Da Bacia Do Rio Descoberto	APA
24 Área De Proteção Ambiental Cochá e Gibão	APA
25 Área De Proteção Ambiental Bacia Do Rio Pandeiros	APA
26 Área De Proteção Ambiental Cavernas Do Peruaçu	APA
27 Área De Proteção Ambiental Serra Geral De Goiás	APA
28 Área De Proteção Ambiental Bacia Do Rio De Janeiro	APA
29 Área De Proteção Ambiental Vargem Das Flores	APA
30 Área De Proteção Ambiental Carste de Lagoa Santa	APA
31 Área De Proteção Ambiental Do Limoeiro	APA
32 Área De Relevante Interesse Ecológica Capetinga/Taquara	ARIE

33	Arie Parque Jk	ARIE
34	Estação Ecológica Serra Geral Do Tocantins	Esec
35	Estação Ecológica Da Serra Das Araras	Esec
36	Estação Ecológica De Iquê	Esec
37	Estação Ecológica De Águas Emendadas	Esec
38	Floresta Nacional De Brasília	Floresta
39	Monumento Natural Da Gruta Do Lago Azul	Monat
40	Monumento Natural Estadual Várzea Do Lageado E Serra Do Raio	Monat
41	Parque Nacional Dos Lençóis Maranhenses	Parque
42	Parque Nacional Serra Das Confissões	Parque
43	Parque Estadual Do Jalapão	Parque
44	Parque Nacional Das Nascentes Do Rio Parnaíba	Parque
45	Parque Estadual Do Lajeado	Parque
46	Parque Nacional Do Araguaia	Parque
47	Parque Estadual Do Cantão	Parque
48	Parque Estadual Das Nascentes Do Rio Taquari	Parque
49	Parque Nacional Das Emas	Parque
50	Parque Estadual Mãe Bonifácia	Parque
51	Parque Nacional Da Chapada Dos Guimarães	Parque
52	Parque Nacional Da Serra Da Bodoquena	Parque
53	Parque Estadual Dos Pireneus	Parque
54	Parque Estadual Do Araguaia	Parque
55	Parque Estadual Rio Preto	Parque
56	Parque Estadual Biribiri	Parque
57	Parque Natural Municipal Do Tabuleiro	Parque
58	Parque Estadual Serra Do Intendente	Parque
59	Parque Estadual Do Limoeiro	Parque
60	Parque Nacional Da Serra Da Cipó	Parque
61	Parque Nacional Da Chapada Dos Veadeiros	Parque
62	Parque Nacional De Brasília	Parque
63	Parque Estadual Do Descoberto	Parque
64	Parque Nacional Cavernas Do Peruaçu	Parque
65	Parque Estadual Da Lapa Grande	Parque
66	Parque Nacional Grande Sertão Veredas	Parque
67	Parque Estadual Serra Das Araras	Parque
68	Parque Estadual Veredas Do Peruaçu	Parque

69	Parque Estadual De Paracatu	Parque
70	Parque Estadual Grão Mogol	Parque
71	Parque Estadual Serra Nova	Parque
72	Parque Estadual Do Sumidouro	Parque
73	Parque Estadual Da Serra Do Cabral	Parque
74	Parque Nacional Das Sempre Vivas	Parque
75	Parque Nacional Da Serra Da Canastra	Parque
76	Reserva Biológica Do Guaraí	Rebio
77	Reserva Biológica Do Rio Descoberto	Rebio
78	Reserva Extrativista Marinha Do Delta Do Parnaíba	Resex
79	Reserva Extrativista Da Baía Do Tubarão	Resex
80	Reserva De Desenvolvimento Sustentável Veredas Do Acari	Resex
81	Reserva Particular Do Patrimônio Natural Bico Do Javaés	RPPN
82	Rppn Flor Do Cerrado Iii	RPPN
83	Reserva Particular Do Patrimônio Natural Fazenda Lageado	RPPN
84	Refúgio De Vida Silvestre Veredas Do Oeste Baiano	RSV

Fonte: MMA, 2020

Nota: APA = Área de Proteção Ambiental; Esec = Estações Ecológicas; Rebio = Reservas Biológicas; Monat = Monumentos Naturais; RVS = Refúgios de Vida Silvestre; RPPN = Reserva Particular do Patrimônio Natural; RDS = Reserva de Desenvolvimento Sustentável; ARIE = Área de Relevante Interesse Ecológico;