



TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TÍTULO

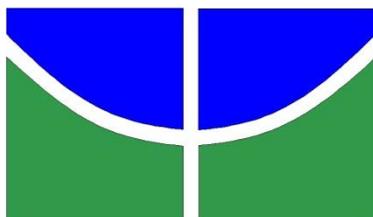
**Potencial de Polinização na Região das
Cabeceiras do Pantanal**

João Marcelo Lemos da Silva

Brasília, 18 de junho de 2024

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE TECNOLOGIA



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

Potencial de Polinização na Região das Cabeceiras do Pantanal

João Marcelo Lemos da Silva

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação
apresentado ao Departamento de Engenharia
Florestal da Universidade de Brasília como parte
das exigências para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Florestal.
Orientador(a): Prof. Dr. Eraldo Aparecido
Trondoli Matricardi

Brasília-DF, 18 de junho de 2024



Universidade de Brasília - UnB
Faculdade de Tecnologia - FT
Departamento de Engenharia Florestal – EFL

**Potencial de Polinização na Região das
Cabeceiras do Pantanal**

Estudante: João Marcelo Lemos da Silva

Matrícula: 170176045

Orientado: Prof. Dr. Eraldo Aparecido Trondoli Matricardi

Menção: SS

Prof. Dr. Eraldo Aparecido Trondoli Matricardi
Universidade de Brasília – UnB
Departamento de Engenharia Florestal
Orientador (EFL)

Prof. Dr. Jose Roberto Rodrigues Pinto
Universidade de Brasília - UnB
Membro da Banca

Maria Eduarda Moraes Sarmento Coelho
Universidade de Brasília - UnB
Membro da Banca

Brasília-DF, 18 de junho de 2024

FICHA CATALOGRÁFICA

SILVA, JOÃO MARCELO LEMOS DA

Lemos da Silva, João Marcelo

Potencial de Polinização na Região das Cabeceiras do Pantanal / João Marcelo Lemos da Silva; orientador Eraldo Aparecido Trondoli Matricardi. – Brasília, 2024

73 p.

Monografia (Graduação – Engenharia Florestal) – Universidade de Brasília, 2024.

- | | |
|---|------------------------------|
| 1. Serviço Ecossistêmicos. | 2. Uso e Cobertura da terra. |
| 3. Abundância de Polinizadores | 4. Conservação Ambiental. |
| 5. Abelhas | |
| I. Aparecido Trondoli Matricardi, Eraldo, orient. II. Título. | |

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SILVA, JOÃO MARCELO LEMOS DA. (2024). **POTENCIAL DE POLINIZAÇÃO NA REGIÃO DAS CABECEIRAS DO PANTANAL**. Trabalho de conclusão de curso, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 71 p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR(A): João Marcelo Lemos da Silva

TÍTULO: *Potencial de polinização na região das cabeceiras do Pantanal*

GRAU: Engenheiro Florestal ANO: 2024

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

João Marcelo Lemos da Silva
lelo57lemos@gmail.com

AGRADECIMENTOS

Gostaria de começar expressando que acreditei que esse momento jamais chegaria. Foram sete anos repletos de desafios e diversão. Primeiramente, agradeço ao meu pai, mãe e irmã por todos os conselhos, ajudas e momentos inesquecíveis ao longo desses anos. Passamos por diversas emoções, sempre extraindo o melhor de cada situação. Sem o apoio de vocês, nada disso seria possível, e eu não estaria aqui, seguindo meus sonhos e objetivos. Amo vocês do fundo do meu coração e serei eternamente grato por tudo. Pais, tenho muito orgulho de ser filho de vocês e os considero minhas maiores referências. Vocês são pessoas maravilhosas. Lele, você é minha irmã e minha melhor amiga. Obrigado por tudo, de verdade. Tenho a melhor família que poderia pedir. Vocês são incríveis. Obrigado por sempre me ajudarem a ser uma pessoa melhor.

Além da minha família, gostaria de agradecer a todos os meus amigos que estiveram presentes nessa longa jornada. Encontrei e desencontrei com várias pessoas, e cada uma delas deixou sua marca de forma singular. Vocês ajudaram a tornar tudo isso possível. Obrigado. Quero agradecer especialmente aos meus amigos da vida (são muitos grupos então sintam-se todos abraçados) e a todos os meus companheiros de curso, tanto os velhos amigos quanto os novos. Especialmente ao pessoal do meu semestre: Junin, Tai, Markin, Marcelo, e os outros. Vocês foram peças-chave para que eu chegasse aqui. Obrigado pela companhia nessa caminhada. Amo vocês. Obrigado por me proporcionarem histórias inesquecíveis.

Ademais, gostaria de agradecer aos meus colegas da Embrapa, especialmente Anderson e Renan. Obrigado por abrirem meus olhos para o geoprocessamento e para um mundo de oportunidades. Vocês são grandes responsáveis por eu estar aqui, com certeza. Sou muito grato pelos conhecimentos e companheirismo adquiridos trabalhando com vocês. Obrigado. Também agradeço aos meus colegas de trabalho da WWF-Brasil. Vocês são uma equipe sensacional e me abriram os olhos para diversos aspectos. Obrigado por tudo. Espero mantê-los em minha vida e encontrá-los pelo mundo profissional.

Por último, mas não menos importante, agradeço ao meu orientador Eraldo pelos conselhos, pela ajuda e por aceitar essa ideia ousada de realizar este trabalho. Admiro-o como profissional e como pessoa. Espero realizar muitos outros trabalhos com o senhor. Agradeço também à Amanda Machado pela ajuda fundamental no desenvolvimento do trabalho. Sem a sua colaboração, o trabalho não teria sido realizado da forma que foi. Obrigado pela sua ajuda e parceria.

Finalmente, agradeço a todos que estiveram presentes, que acreditaram. Cada um de vocês teve um papel especial nessa caminhada. Obrigado a todos.

RESUMO

A polinização, crucial para a reprodução das plantas, é realizada por agentes bióticos e abióticos, destacando-se as abelhas. Trata-se de um serviço ecossistêmico prestado pela natureza, de extrema relevância para a manutenção da biodiversidade e atividades humanas. No presente estudo, utilizou-se o modelo *Crop Pollination* (InVEST) para estimar o potencial do Serviço de Ecossistêmico (S.E) de polinização de 17 espécies de abelhas na região das Cabeceiras do Pantanal, onde ocorreu nas últimas décadas um intenso processo de conversão da vegetação nativa em áreas agrícolas e pastagens, com a conseqüente redução da abundância de polinizadores. O modelo gerou mapas de abundância de polinizadores nas estações seca e chuvosa para a área de estudo. Os resultados indicam que as formações savânicas e florestais apresentam as maiores abundâncias de polinizadores, devido à disponibilidade de locais de nidificação e de recursos florísticos. Por outro lado, a expansão agrícola diminuiu os remanescentes naturais e, por conseqüência, a oferta de polinizadores, com impactos negativos sobre a biodiversidade e a produção agrícola na região. O modelo *Crop Pollination* pode produzir informações importantes para auxiliar na tomada de decisões sobre o uso da terra e a conservação e recuperação dos recursos naturais, apesar da escassez de dados específicos para serem usados como entrada do modelo. A manutenção da biodiversidade e a proteção e recuperação das áreas naturais são atividades essenciais para preservar os SE e melhorar a produção agrícola.

Palavras-chave: Serviços Ecossistêmicos; Uso e cobertura da terra; Abundância de Polinizadores; Conservação Ambiental; Abelhas; Cabeceiras do Pantanal.

ABSTRACT

Pollination, crucial for plant reproduction, is carried out by biotic and abiotic agents, with bees being particularly prominent. It is an ecosystem service provided by nature, extremely important for maintaining biodiversity and human activities. In this study, the Crop Pollination model (InVEST) was used to estimate the potential of the pollination Ecosystem Service (ES) for 17 bee species in the Headwaters of the Pantanal region, where an intense process of conversion of native vegetation into agricultural areas and pastures has occurred in recent decades, leading to a consequent reduction in pollinator abundance. The model generated maps of pollinator abundance for the dry and rainy seasons for the study area. The results indicate that savanna and forest formations have the highest pollinator abundances due to the availability of nesting sites and floral resources. On the other hand, agricultural expansion reduces natural remnants and, consequently, the supply of pollinators, with negative impacts on biodiversity and agricultural production in the region. The Crop Pollination model can produce important information to assist in decision-making regarding land use and the conservation and recovery of natural resources, despite the scarcity of specific data to be used as model input. Maintaining biodiversity and protecting and restoring natural areas are essential activities to preserve ecosystem services and improve agricultural production.

Keywords: Ecosystem Services; Land use and land cover; Pollinator Abundance; Environmental Conservation; Bees; Headwaters of the Pantanal.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1. Serviços Ecosistêmicos	13
2.2. Polinização	15
3. MATERIAL E MÉTODOS	17
3.1. Caracterização da área de estudo	17
3.2. <i>Crop Pollination Model (Invest)</i>	18
3.2.2. <i>Dados de Uso e cobertura da terra (LULC)</i>	22
3.2.3. Dados de Espécies	25
3.2.4. Cruzamento de LULC com Abundância total de polinizadores	28
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
4.1. Abundância total de polinizadores	29
4.2. Abundância Específica de Polinizadores	32
4.3. Relevância do estudo de polinizadores	33
5. CONCLUSÃO	34
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35
ANEXOS	40

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização da área de estudo, região das cabeceiras do bioma Pantanal, envolvendo partes dos biomas Amazônia, Cerrado e Pantanal	18
Figura 2: Uso e cobertura da terra em 2022 na região das Cabeceiras do Pantanal, nos estados do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul.	25
Figura 3: Distribuição espacial da abundância total de polinizadores no período de chuva (2022) na região da Cabeceiras do Pantanal, nos estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul.	30
Figura 4: Distribuição espacial da abundância total de polinizadores no período de seca (2022) na região da Cabeceiras do Pantanal, nos estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul.	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Uso e cobertura da terra em 2022 na região das Cabeceiras do Pantanal, nos estados do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul.	22
Tabela 2: Classes de uso e cobertura da terra utilizadas e reclassificadas para a modelagem da polinização na região das Cabeceiras do Pantanal, nos estados do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul.	23
Tabela 3: Tabela das variáveis biofísicas utilizadas na modelagem da polinização na região das Cabeceiras do Pantanal, nos estados do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul.	24
Tabela 4: Informações das espécies de abelhas utilizadas na modelagem da polinização na região da Cabeceiras do Pantanal, nos estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul.	27
Tabela 5: Referências utilizadas para obtenção dos dados sobre polinização na região da Cabeceiras do Pantanal, nos estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul.	28
Tabela 6: Abundância de polinizadores por uso da terra no período da seca e chuva (2022) na região das Cabeceiras do Pantanal, nos estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul.	32

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1: Abundância <i>Apis mellifera</i> no período chuvoso nas Cabeceiras do Pantanal	40
Anexo 2: Abundância <i>Apis mellifera</i> no período seco nas Cabeceiras do Pantanal	41
Anexo 3: Abundância <i>Bombus morio</i> no período chuvoso nas Cabeceiras do Pantanal	42
Anexo 4: Abundância <i>Bombus morio</i> no período seco nas Cabeceiras do Pantanal.....	43
Anexo 5: Abundância <i>Centris aenea</i> Lepeletier, 1841 no período chuvoso nas Cabeceiras do Pantanal	44
Anexo 6: Abundância <i>Centris aenea</i> Lepeletier, 1841 no período seco nas Cabeceiras do Pantanal.....	45
Anexo 7: <i>Abundância Centris analis</i> no período chuvoso nas Cabeceiras do Pantanal	46
Anexo 8: Abundância <i>Centris analis</i> no período seco nas Cabeceiras do Pantanal.....	47
Anexo 9: Abundância <i>Centris flavifrons</i> no período chuvoso nas Cabeceiras do Pantanal	48
Anexo 10: Abundância <i>Centris flavifrons</i> no período seco nas Cabeceiras do Pantanal	49
Anexo 11: Abundância <i>Centris fuscata</i> no período chuvoso nas Cabeceiras do Pantanal	50
Anexo 12: Abundância <i>Centris fuscata</i> no período seco nas Cabeceiras do Pantanal.....	51
Anexo 13: Abundância <i>Centris morrensis</i> Strand, 1910 no período chuvoso nas Cabeceiras do Pantanal.....	52
Anexo 14: Abundância <i>Centris morrensis</i> Strand, 1910 no período seco nas Cabeceiras do Pantanal.....	53
Anexo 15: Abundância <i>Centris nitens</i> no período chuvoso nas Cabeceiras do Pantanal	54
Anexo 16: Abundância <i>Centris nitens</i> no período seco nas Cabeceiras do Pantanal	55
Anexo 17: Abundância <i>Centris</i> no período chuvoso nas Cabeceiras do Pantanal.....	56
Anexo 18: Abundância <i>Centris varia</i> no período seco nas Cabeceiras do Pantanal	57
Anexo 19: Abundância <i>Epicharis flava</i> no período chuvoso nas Cabeceiras do Pantanal	58
Anexo 20: Abundância <i>Epicharis flava</i> no período seco nas Cabeceiras do Pantanal	59
Anexo 21: Abundância <i>Epicharis xanthogastra</i> no período chuvoso nas Cabeceiras do Pantanal.....	60
Anexo 22: Abundância <i>Epicharis xanthogastra</i> no período seco nas Cabeceiras do Pantanal	61
Anexo 23: Abundância <i>Eulaema nigrita</i> no período chuvoso nas Cabeceiras do Pantanal	62
Anexo 24: Abundância <i>Eulaema nigrita</i> no período seco nas Cabeceiras do Pantanal	63
Anexo 25: Abundância <i>Geotrigona mombuca</i> no período chuvoso nas Cabeceiras do Pantanal	64
Anexo 26: Abundância <i>Geotrigona mombuca</i> no período seco nas Cabeceiras do Pantanal..	65
Anexo 27: Abundância <i>Melipona fuglinosa</i> no período chuvoso nas Cabeceiras do Pantanal	66
Anexo 28: Abundância <i>Melipona fuglionosa</i> no período seco nas Cabeceiras do Pantanal ...	67
Anexo 29: Abundância <i>Tetragonisca angustata</i> Latrelle, 1811 no período chuvoso nas Cabeceiras do Pantanal	68
Anexo 30: Abundância <i>Tetragonisca angustata</i> Latrelle, 1811 no período seco nas Cabeceiras do Pantanal.....	69
Anexo 31: Abundância <i>Xylocopa earensis</i> no período chuvoso nas Cabeceiras do Pantanal .	70
Anexo 32: Abundância <i>Xylocopa earensis</i> no período seco nas Cabeceiras do Pantanal	71
Anexo 33: Abundância <i>Xylocopa muscaria</i> no período chuvoso nas Cabeceiras do Pantanal	72
Anexo 34: Abundância <i>Xylocopa muscaria</i> no período seco nas Cabeceiras do Pantanal.....	73

1. INTRODUÇÃO

O Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro, com extensão de 1.984.570 km², e corresponde a 23% do território nacional, com altitudes que variam de 300 a mais de 1600 metros. Caracteriza-se por invernos secos e verões chuvosos, com média de 1300 a 1600 mm de precipitação por ano (Ribeiro; Walter, 2008). Abrange Bahia, Distrito Federal, Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Pará, Paraná, Piauí, Rondônia, São Paulo e Tocantins, ocorrendo também em porções espalhadas em outros biomas, como Amazônia, Mata Atlântica, Caatinga e Pantanal, onde se mescla fisionalmente com este bioma em regiões de ecótono (Adámoli, 1982; Allem e Valls, 1987).

A vegetação do Cerrado apresenta estratos florestais, savânicos e campestres. A fisionomia do estrato florestal é caracterizada por apresentar, em sua maioria, espécies arbóreas as quais formam dossel contínuo ou descontínuo (Ribeiro; Walter, 2008). A formação savânica é caracterizada por apresentar espécies arbóreas e arbustivas sem formação de dossel, enquanto a formação campestre possui mais espécies herbáceas e arbustivas, sem a presença de árvores, (Ribeiro; Walter, 2008). O Cerrado apresenta flora bem característica, determinada por inúmeros fatores além do clima – segundo Eiten (1994), a vegetação sofre efeitos indiretos da química e física do solo, da disponibilidade de água e de nutrientes, da geomorfologia e da topografia. A distribuição da flora é condicionada pela latitude, pela frequência de queimadas, pela profundidade do lençol freático e por atividades antrópicas presentes na região (Ribeiro; Walter, 2008).

O Pantanal, localizado nos estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, ocupa uma área de 150.963 km², que corresponde a 1,77% do território nacional (IBGE, 2021). Possui características semelhantes ao Cerrado, como duas estações no ano bem definidas, com pluviosidades de 1000 a 1400 mm por ano, sendo que 80% das chuvas ocorrem de outubro a abril e compartilha características fisionômicas com o Cerrado (Adámoli, 1982; Allem e Valls, 1987). Possui uma vegetação dependente do ciclo hídrico da Bacia do Alto Paraguai (BAP), onde 80% deste fluxo é advindo da região de planalto, conhecida como Cabeceiras do Pantanal.

Entre 1985 e 2022, segundo dados do projeto MapBiomas (Coleção 8), foram desmatados 96 milhões de hectares de vegetação nativa em todo o território brasileiro, uma área equivalente a 2,5 vezes o tamanho da Alemanha, reduzindo de 75% para 64% a cobertura nativa. A área desmatada neste período foi majoritariamente substituída por pastagens, a qual se tornou paisagem predominante em todos os biomas brasileiros nestas últimas décadas, com exceção do bioma Mata Atlântica. Na região de Cerrado da BAP, entre 1985 e 2022, a área destinada à

atividades agropecuárias (agricultura e pastagem) aumentou de 34% para 50%, e 5% para 15% no Pantanal.

A diminuição da vegetação nativa em virtude do aumento de áreas urbanas, de pastagens, de áreas de cultivo e o uso excessivo de agrotóxicos, vêm comprometendo a diversidade e abundância de abelhas silvestres (Mwebaze et al., 2018; Sílvia et al., 2016), afetando negativamente a qualidade de seus habitats e diminuindo a diversidade de recursos florais disponíveis, sendo esses essenciais para manutenção da sua espécie (Sílvia et al., 2016). O contrassenso é que há a necessidade de aumento dos polinizadores naturais, em função do aumento da população mundial, demanda alimentar (Aizen et al., 2009; Nichols et al., 2020).

A polinização é a grande responsável pela reprodução de plantas, e é realizada por diversos tipos de agentes, como o vento, a água e os animais – principalmente abelhas (Garibaldi et al., 2016). Esse processo possibilita maior produção de diversas culturas agrícolas, como laranja e cacau, além de conservar diversidade genética da flora. E segundo Elias et al. (2017) e Klatt et al. (2013), um terço da produção agrícola mundial depende do serviço ecossistêmico ofertado pela polinização, sendo que 94% das plantas tropicais são polinizadas por animais, onde 75% são por abelhas.

Os SE são serviços disponíveis na natureza e essenciais para a população humana e para manutenção da biodiversidade no planeta, e são divididos em quatro grupos: provisão, suporte, cultural e regulação (MEA, 2005), sendo o último o grupo da polinização.

Uma forma de se preservar a biodiversidade é realizando a valoração dos SE (Constanza, et al., 1997), que pode ser feito por meio de modelagens, os quais são processos matemáticos que tentam prever e relacionar tendências que já existem, sendo um meio de representação da realidade de maneira aproximada (Bassanezi, 2004). Com isso, modelagens ambientais são mais complexas e envolvem várias áreas do conhecimento. Segundo Christofolletti (1999), modelar sistemas ambientais é um procedimento teórico de abordagem holística.

O programa Integrated Valuation Ecosystem Services and Tradeoffs - InVEST (Sharp et al., 2015) foi desenvolvido pelo projeto “Natural Capital Project” em parceria com as Universidades de Stanford e Minnesota, e as ONG’s The Nature Conservancy (TNC) e o World Wildlife Fund (WWF). Trata-se de um software que engloba 18 modelos matemáticos espacialmente explícitos que quantifica e valora Serviços Ecossistêmicos (Sharp et al., 2016), a fim de apoiar tomadores de decisões na gestão e planejamento territorial, além de realçar a importância do capital natural.

Dentre os 18 módulos disponíveis no InVEST, o “Crop Pollination” foi o escolhido para avaliar o SE de polinização na região das Cabeceiras do Pantanal. A escolha da área foi realizada em função da sua relevância para o Pantanal e para o Cerrado à sua contribuição hídrica e ecológica para esses biomas. Apesar da sua relevância, a região das Cabeceiras do Pantanal já teve sua cobertura natural reduzida em 41% para dar lugar ao avanço da agricultura e pecuária extensiva.

No presente estudo, foi avaliado o SE da polinização nas áreas localizadas nas Cabeceiras do Pantanal, envolvendo partes dos biomas Cerrado, Amazônia e Pantanal, utilizando a modelagem *Crop Pollination* do INVEST. Complementarmente, avaliou-se o potencial do modelo InVEST como ferramenta de geração de informações indicativas para a tomada de decisões na priorização de áreas e estratégias de conservação e recuperação da natureza e dos serviços ecossistêmicos na área de estudo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Serviços Ecossistêmicos

Os serviços ecossistêmicos são a representação da relação do capital natural com a humanidade, ou seja, a combinação de processos ecológicos e funções que corroboram para o bem-estar humano (Andrade, 2015; Costanza, 2020). A discussão desse conceito existe desde a década de 1970, porém, a expressão “serviços ecossistêmicos” foi utilizada anos depois por Ehrlich et al. (1981) e Ehrlich et al. (1983), ao discutirem sobre as consequências da diminuição das espécies e recursos naturais para os seus ecossistemas (Constanza et al., 2017; Ehrlich et al., 2013; Gómez-Baggethun et al., 2010). Entretanto, no final da década de 1990, Constanza et al. (1997) definiram os SE como “benefícios que as populações humanas obtêm, direta ou indiretamente, das funções de ecossistemas”.

A partir da divulgação dos termos, inúmeros estudos e métodos começaram a ser desenvolvidos para entender a relação do meio ecológico com o meio econômico e valorar esses sistemas (Braat et al., 2012; Costanza et al., 2017). Um passo importante para que os SE's começassem a serem vistos como ferramenta de decisões políticas foi em 1997, quando Constanza et al. (1997) realizou a valoração de 17 SE e estimou um valor de cerca de US\$33 trilhões por ano em 16 biomas ao redor do mundo. Após tal publicação, esse tipo de valoração entrou para o debate internacional na ONU (Organização das Nações Unidas) no final do século XX, com a solicitação de uma Avaliação Ecossistêmica Anual (AEM) ou Millenium Ecosystem Assessment (MEA) (MEA, 2005).

Existem quatro divisões para os SE: i)provisão - incluem os produtos obtidos a partir do meio ambiente, como alimentos, madeira, água, e recursos com usos medicinais; ii) suporte - serviços que fundamentam e estruturam os componentes essenciais para a perpetuação de outros tipos de serviços – o ser humano usufrui desse tipo de forma mais indireta, com a ciclagem de nutrientes, por exemplo; iii) cultural - estão relacionados a valores religiosos e espirituais, valores estéticos, de recreação, experiências e conhecimentos de comunidades; e iv) regulação - cruciais para a manutenção do equilíbrio dos ecossistemas, como regulação de clima, controle de erosão e manutenção da qualidade da água e do ar; sendo o serviço ecossistêmico de polinização enquadrado como serviço de regulação (MEA, 2005). Além disso, MEA teve papel crucial para a disseminação da importância da conservação e uso consciente do meio ambiente através de estudos e pesquisas científicas.

No contexto do Brasil, o estudo de Martineli e Filoso (2009) trouxe que as atividades econômicas impulsionadas pelo crescimento do país são grandes fontes de ameaças à biodiversidade brasileira, sendo essas ameaças superiores aos esforços para a conservação do meio ambiente e manutenção da biodiversidade. Os autores ainda sugerem que o Estado possui uma oportunidade única de combinar sua extensa área e diversidade biológica com a produção de alimentos, biocombustíveis e fibras, preservando ao mesmo tempo sua rica biodiversidade e mantendo os serviços ecossistêmicos.

Andrade (2015) trata de uma Abordagem de Serviços Ecossistêmicos (ASE) a qual tem o objetivo de reduzir o olhar reducionista teórico e metodológico típico de uma análise a qual olha unicamente com o viés econômico e abordar de uma forma mais plural e holística, com investigações sobre as interações de ciências sociais e naturais. Há quatro grupos de capital contribuinte para o bem-estar humano: i) o capital natural, que diz sobre os recursos naturais e os serviços ecossistêmicos que surgem das interações entre a biodiversidade e elementos abióticos; ii) o capital humano, simbolizado pelo vasto conhecimento acumulado ao longo de gerações; iii) o capital social, que inclui as interações e instituições sociais; e iv) o capital construído, referente às infraestruturas desenvolvidas pelas sociedades (Constanza et al., 2020). Os SE's surgem da interação dessas formas de capital, sendo a ausênciado capital natural a causa da falta de bem-estar, pois o capital humano e o construído dependem do natural para existir (Constanza et al., 1997). Portanto, é necessário atentar-se às mudanças na quantidade e qualidade do capital natural e dos serviços ecossistêmicos, uma vez que essas alterações podem impactar o bem-estar humano em diferentes níveis, desde mudanças climáticas globais até modificações locais na cobertura florestal.

2.2. Polinização

A polinização é indispensável para a reprodução da maioria das espécies vegetais, ocorrendo com o transporte do grão de pólen, por meio bióticos ou abióticos, de uma antera até o estigma (Costa et al., 2013). Segundo Nascimento et al. (2012), a polinização pode ocorrer de forma cruzada, quando flores diferentes, de plantas diferentes e da mesma espécie tem o seu grão de pólen transportado de uma para a outra; ou no formato de autopolinização, quando grãos de pólen da mesma flor, ou de uma mesma planta, são transportados da antera para o estigma. Polinizadores são cruciais para a biodiversidade do planeta e são os responsáveis por possibilitar a existência de várias espécies agrícolas e florestais (Ollerton; Winfree; Tarrant, 2011). Das espécies que florescem, 87,5% são polinizadas por algum tipo de animal, sendo estes animais vertebrados, como morcego, aves, répteis; e invertebrados, como abelhas, moscas, borboletas e besouros (Nascimento et al., 2012). Com isso, os polinizadores, tendo como seus principais representantes as abelhas, são responsáveis pelo aumento da produção e qualidade de incontáveis cultivos, como café e a soja (Giannini et al., 2015).

Segundo Fonseca et al. (2010), estima-se que existam cerca de vinte mil espécies de abelhas ao redor do mundo, e todas têm em comum a dependência de flores na sua alimentação. Estudos publicados por Mwebaze et al. (2018) e Sílvia et al. (2016), discutem o declínio no número de agentes polinizadores e, por consequência, o nível de abelhas silvestres e domesticadas também. Tais fatos podem ser relacionados à redução da diversidade de espécies de abelhas nativas na Europa e a diminuição no número de colônias de abelhas nos Estados Unidos, sendo os dois processos resultados do aumento do desmatamento e, conseqüentemente, da perda e fragmentação de habitat (Ainzen et al., 2009).

O serviço ecossistêmico de polinização em muitas áreas ocorre com abelhas nativas ou domesticadas, como por exemplo a *Apis mellífera*, sendo elas utilizadas em função da disponibilidade e fácil adaptação a ambientes diferentes (Garibaldi et al., 2016; Sílvia et al., 2016). Segundo Giannini et al. (2015), no Brasil, as espécies manejadas de *Apis mellífera* e *Trigona spinipes*, além das do gênero *Bombus*, *Xylocopa* e *Centris* são ótimos polinizadores para diferentes culturas agrícolas.

Na década de 1990, o valor do SE de polinização foi estimado por Constanza et al. (1997) em mais de US\$100 bilhões por ano. Na década seguinte, Gallai (2008), reunindo dados de agricultura do mundo todo para o ano de 2005, realizou outra valoração chegando a um valor de mais de €150 bilhões anualmente, equivalente a XX US\$ dólares na época. Já em 2015, Giannini et al. (2015b), realizou a valoração da polinização para as culturas dependentes no

Brasil, como tomate, algodão, abacate, pêssego e outras, resultando em mais de US\$12 bilhões, o que na época equivalia a 30% do que a agronomia movimentava no país. Em estudo publicado por Giannini et al. (2015), culturas como soja, café, tomate, algodão, cacau e laranja, são as que mais possuem aumento de produção quando associadas a polinizadores. A valorização é uma ótima aliada para auxiliar na gestão do capital natural, entretanto, não pode ser vista como a única solução para os desafios da conservação ambiental (Andrade et al., 2013).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização da área de estudo

A área de estudo engloba a região das Cabeceiras do bioma Pantanal, localizada na Bacia do Alto Paraguai (BAP), e ocupa 36 milhões de hectares, o que corresponde a 4,3% do território brasileiro. As Cabeceiras do Pantanal, com um território de 21 milhões de hectares, é caracterizada por planaltos que compreendem parte dos estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, compostas por 85 municípios e 16 sub-bacias hidrográficas. Envolve parte dos biomas Cerrado e Amazônia, com 84% e 16% de ocupação, respectivamente. É uma região de extrema importância para o bioma Pantanal, por fornecer 80% do fluxo de água que alimenta os pulsos de inundação na região (Coelho & Maioli, 2023) (Figura 1).

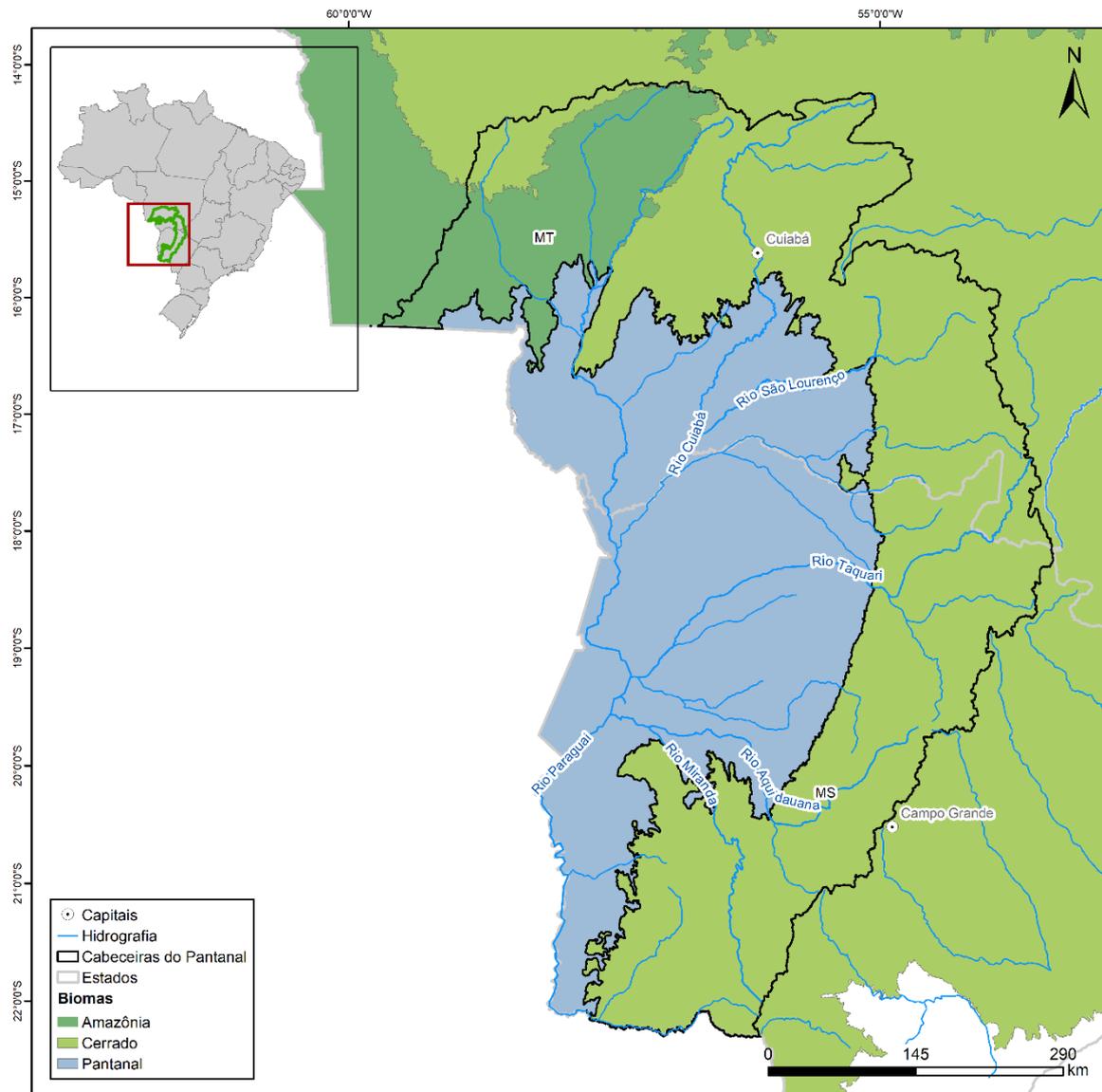


Figura 1: Localização da área de estudo, região das cabeceiras do bioma Pantanal, envolvendo partes dos biomas Amazônia, Cerrado e Pantanal

3.2. *Crop Pollination Model (Invest)*

O modelo *Crop Pollination* do InVEST utiliza abelhas selvagens como agentes polinizadores-chave na análise, a partir de estimativas de locais de nidificação e disponibilidade de recursos florísticos dentro de seus raios de voo, para estimar um índice de abundância em cada pixel da paisagem analisada (Sharp e Richard et al., 2015). Por conseguinte, utilizando recurso florais, preferência de forrageamento das espécies e raio de voo, estima-se um índice de abundância de polinizadores que visitam cada pixel da paisagem. Caso solicitado, calcula-se a contribuição de cada espécie no plantio, baseado na dependência de cada cultura agrícola dos polinizadores, no entanto não foi feita essa análise no estudo.

Os resultados podem ser utilizados para analisar a dinâmica da polinização que ocorre naquela paisagem, e como as práticas agrícolas e gestão do uso da terra afetam esse processo na região. Tais informações podem servir para que tomadores de decisão possam prever as consequências de diferentes políticas nos serviços de polinização e no rendimento de agricultores; podem ser utilizadas por agricultores para localizar as culturas de forma inteligente tendo em vista os polinizadores que atuam na região e como será o rendimento; por organizações de conservação, as quais poderiam olhar com uma visão mais inteligente visando beneficiar a biodiversidade e os agricultores; e por governos ou empresas responsáveis por pagamentos a serviços ecossistêmicos.

A ideia inicial do modelo veio a partir do estudo de Lonsdorf et al. (2009), em que foi indicado que abelhas necessitam de duas coisas para permanecerem num determinado local: locais adequados para nidificação e alimento próximo. Quando esses recursos estão disponíveis na paisagem, os polinizadores são capazes de percorrer certas distâncias e voltar carregados de pólen e néctar. Sendo assim, o modelo converte os dados de ocupação do solo em um índice de adequação, variando de 0 a 1 para as abelhas, criando um mapa que mostra como estão distribuídos os polinizadores na área de estudo, em que valores mais próximos de 1 demonstram áreas com maior concentração de polinizadores. Tal índice considera dois fatores: locais para nidificação e disponibilidade de flores. Tendo em vista as características de uso e cobertura do solo, a adequação de cada uso é determinada pela sua capacidade de prover tais recursos. Parte-se da premissa de que parcelas mais próximas contribuem mais do que parcelas afastadas. Os estudos de Olsson et al. (2015) foram utilizados para calibrar as visitas das abelhas em relação à qualidade das flores em determinadas parcelas, refletindo, assim, as estratégias de forrageamento no local, sendo esse um comportamento comum de polinizadores.

O modelo se baseia em dados de uso e cobertura do solo, uma tabela biofísica relacionada aos dados de uso e cobertura do solo, uma tabela com as espécies e informações utilizadas no modelo – todos esses dados serão descritos posteriormente nesse estudo.

A oferta e abundância de polinizadores é estimada a partir dos dados citados anteriormente, pixel a pixel para a área de estudo, tomando como base os locais de nidificação disponíveis no pixel, os recursos florais no pixel e vizinhos, e a abundância relativa da espécie. Pixels mais próximos têm mais peso em relação a pixels mais afastados, baseando-se no alcance médio de voo das espécies. O modelo proposto por Sharp et al (2015) pode ser descrito da seguinte forma:

Oferta de polinizadores (PS) é o índice de oferta de polinizadores no pixel x para a espécie s definida como:

$$PS(x, s) = FR(x, s)HN(x, s)sa(s)$$

Onde: $FR(x, s)$ é o índice de recursos florais disponíveis no pixel x para a espécie s definida como:

$$FR(x, s) = \frac{\sum_{x' \in X} \exp(-D(x, x')/\alpha_s) \sum_{j \in J} RA(l(x'), j) fa(s, j)}{\sum_{x' \in X} \exp(-D(x, x')/\alpha_s)}$$

E, $HN(x, s)$ é a aptidão de nidificação do habitat no pixel x para a espécie s , definida como:

$$HN(x, s) = \max_{n \in N} [N(l(x), n)ns(s, n)]$$

Onde:

- $sa(s)$ é o índice de abundância das espécies s no intervalo de [0.0, 1.0], $\sum_{s \in S} sa(s) = 1$, onde S é o conjunto de todas as espécies;
- $N(l, n)$ é o índice de substrato de nidificação para o tipo de cobertura do solo l para o tipo de substrato n no intervalo de [0.0, 1.0];
- $l(x)$ é o tipo de cobertura do solo no pixel x ;
- j é a estação;
- $RA(l, j)$ é o índice de abundância relativa de recursos florais na cobertura do solo l durante a estação j ;
- $fa(s, j)$ é a atividade relativa de procura de alimento para as espécies polinizadoras s durante a estação j ;
- $D(x, x')$ é a distância euclidiana entre as células x e x' ;
- $Ns(s, n)$ é a preferência de adequação de nidificação para as espécies s no tipo de nidificação n (e, N é o conjunto de todos os tipos de encaixe);
- α_s (alpha) é a distância esperada de procura de alimento para polinizador s (Greenleaf et al. 2007).

A oferta de polinizadores na paisagem é um marcador de sua origem e sua concentração indica as áreas de maior atividade. Tal concentração depende tanto dos recursos florais, que os

atraem a uma área específica, quanto do número de polinizadores que podem chegar até lá. Para as espécies s na célula x durante a estação j , a abundância de polinizadores é o resultado da quantidade de recursos florais presentes, ponderada pela atividade dos polinizadores naquela estação, em relação à oferta de polinizadores e normalizada pelo índice de recursos florais das células adjacentes, sendo que:

$$PA(x, s, j) = \left(\frac{RA(l(x), j) fa(s, j)}{FR(x, s)} \right) \frac{\sum_{x' \in X} PS(x', s) \exp(-D(x, x')/\alpha_s)}{\exp(-D(x, x')/\alpha_s)}$$

Para mais detalhes sobre o modelo veja Sharp e Richard et al. (2015).

3.2.1. Limitações e Simplificações

Em função do modelo ser baseado apenas em índices (0 – 1), são feitas estimativas de padrões relativos de abundância de polinizadores e sua contribuição, devido à falta de dados publicados sobre densidade e preferência de ninhos, disponibilidade de recursos, abundância de polinizadores e rendimento de culturas. Tal fato limita as possíveis conclusões realizadas pelo modelo.

O modelo não leva em conta a dinâmica das populações de polinizadores ao longo do tempo e, com isso, não informa se a deles é sustentável, em função da paisagem atual e fatores diversos que limitam sua sobrevivência. Outro aspecto é o modelo não ser capaz de relacionar as dimensões das áreas de habitat para calcular a estimativa de abundância, muitas espécies de abelhas possuem uma extensão mínima de área para que a espécie sobreviva ao longo do tempo.

Outro fator importante que afeta a análise são os dados de raio de voo das abelhas. Muitas espécies não foram observadas em campo para se obter tais valores, ainda mais as espécies tropicais, em função de uma alta biodiversidade e complexidade do ambiente, além da escassez de pesquisas quando comparadas às áreas temperadas. Em função da falta de dados para a maior parte das espécies, os valores utilizados neste estudo foram baseados no estudo de Greenleaf et al. (2007), que envolve apenas algumas espécies, e outros estudos (Tabela 5) conduzidos na área deste estudo.

Mesmo com limitações, o modelo utilizado neste estudo proporciona resultados bastante interessantes sobre a dinâmica do serviço ecossistêmico de polinização em regiões de interesse. O modelo possibilita avaliar a contribuição desses polinizadores nas culturas agrícolas da região, estimar a produção e realizar a valoração do serviço ecossistêmico, sendo, portanto, uma ferramenta importante para a conservação ambiental.

3.2.2. **Dados de Uso e cobertura da terra (LULC)**

O modelo *Crop Pollination* do INVEST requer a utilização de dados de uso e cobertura do solo. No presente estudo, utilizou-se dados do uso e cobertura da terra de 2022 para toda a área de estudo, adquiridos do Projeto Mapbiomas, Coleção 8, disponibilizado em formato raster, com a resolução espacial de 30 m, sistema de coordenadas geográficas (GCS), Datum WGS 1984. Para utilização do raster no modelo, os arquivos raster foram projetados de GCS-WGS 1984 para UTM (*Universal Transverse Mercator*), Datum WGS 1984, sistema de projeção métrica utilizado pelo InVEST, dentro do *software* de geoprocessamento ArcMap 10.8 por meio da ferramenta '*Project Raster*'.

No total, foram identificados 17 tipos de uso e cobertura da terra segundo a classificação do Mapbiomas (**Figura 2**) (Tabela 1), os quais foram reclassificados em 8 classes agrupadas de usos do solo (**Tabela 2**) conforme sistema adotado por Lonsdorf et al. (2009), com alguns ajustes e adaptações a área de estudo, tendo em vista que a área de pesquisa de Lonsdorf et al (2009) foi uma região temperada. Buscou-se com isso uma melhor análise e processamento do modelo, sendo a reclassificação do raster também processada dentro do *software* ArcMap 10.8, por meio da ferramenta '*Reclassify*'.

Tabela 1: Uso e cobertura da terra em 2022 na região das Cabeceiras do Pantanal, nos estados do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul.

Uso e cobertura da terra	Área de ocupação (km ²)
Algodão (Abelha/beija-flor)	80,95
Cana (Vento)	1090,27
Mosaico de usos	18413,56
Outras Lavouras Temporárias	1615,96
Pastagem (Vento)	88695,96
Silvicultura (Abelhas)	1213,28
Soja (Autopolinização/insetos)	16294,93
Mineração	150,63
Outras Áreas Não Vegetadas	1863,65
Área Urbanizada	633,56
Floresta Alagável	11,74
Formação Florestal (Insetos)	34977,83
Formação Savânica (Insetos)	39521,79
Formação Campestre (Insetos/vento)	2351,95
Campo Alagado e Área Pantanosa (Inseto)	3245,40
Afloramento Rochoso	632,38
Corpos d'água	737,00
Total Geral	211710,83

Fonte: Mapbiomas, coleção 8 (2022).

Tabela 2: Classes de uso e cobertura da terra utilizadas e reclassificadas para a modelagem da polinização na região das Cabeceiras do Pantanal, nos estados do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul.

Uso e cobertura da terra	Classe utilizada na modelagem
Algodão Cana Mosaico de usos Outras Lavouras Temporárias Soja	Uso Agrícola
Pastagem Formação Campestre	Campestre
Silvicultura Formação Florestal	Formação Florestal
Formação Savânica	Savana
Floresta Alagável Campo Alagado e Área Pantanosa	Áreas Úmidas
Corpos d'água	Água
Afloramento Rochoso Mineração Outras Áreas não vegetadas	Solo Exposto
Área Urbanizada	Área Urbana

Fonte Lonsdorf et al. (2009).

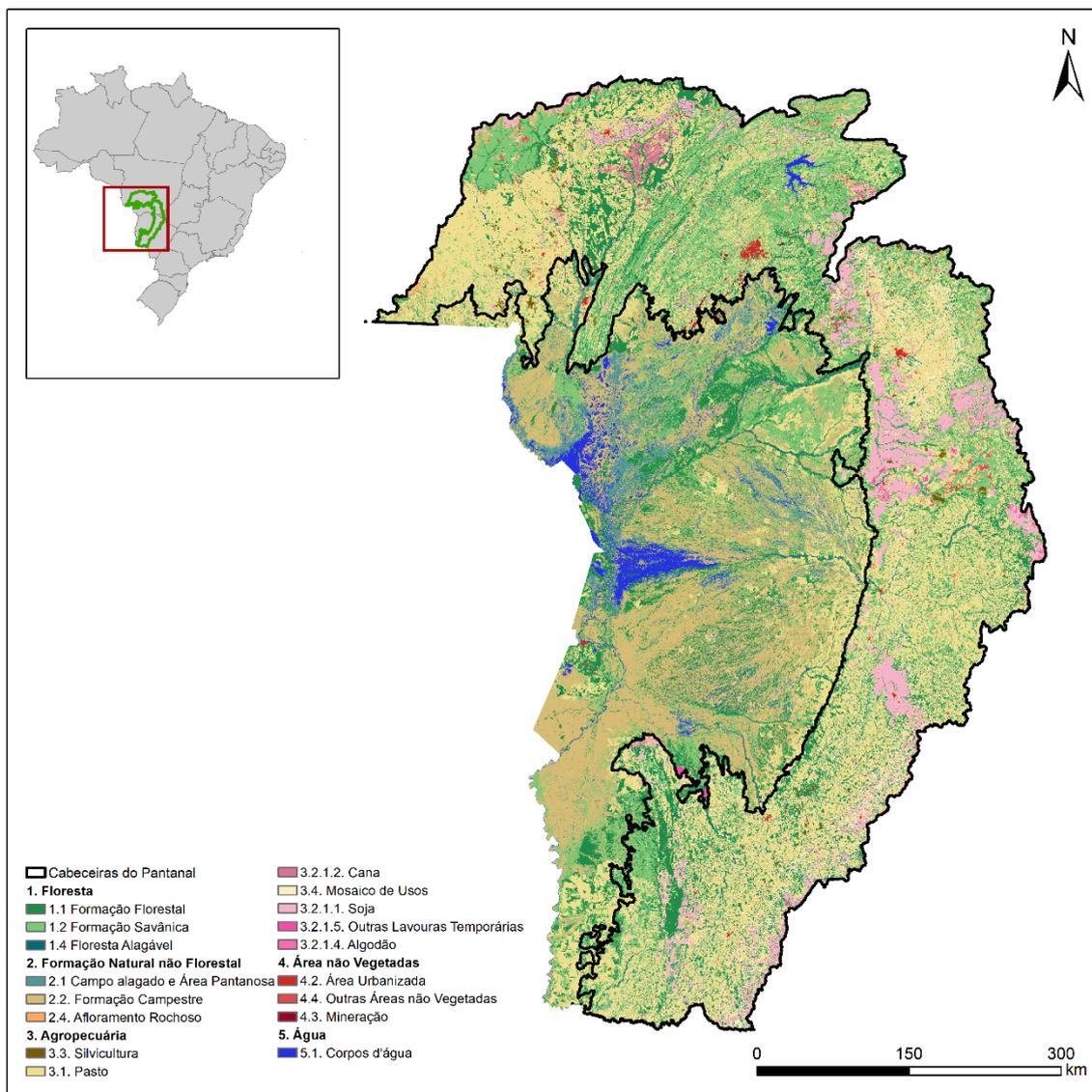
Adicionalmente, foi necessária uma tabela com parâmetros da paisagem, os quais foram obtidos segundo definido por Lonsdorf et al. (2009), incluindo a disponibilidade de habitat e recursos florais por uso e cobertura da terra, os usos do solo presentes e seus códigos (iguais aos do raster). Os recursos florais foram divididos em duas estações, seca (*floral_resources_seca_index* = *f_seca*) e chuvosa (*floral_resources_chuva_index* = *f_chuva*), em função da diferença de atividade florística e de polinização no Cerrado e no Pantanal segundo Rabeling et al. (2019) e Souza et al. (2018). Os parâmetros são classificados de 0 a 1 em função da disponibilidade de locais para nidificação, sendo divididos em cavidade

(*nesting_cavity_availability_index* = *n_cavity*), solo (*nesting_ground_availability_index* = *n_ground*) e madeira (*nesting_wood_availability_index* = *n_wood*), sendo 1 a maior disponibilidade possível e 0 inexistente (Tabela 3). As estimativas dos índices dos parâmetros da paisagem foram feitas através de consultas na literatura e consultas a especialistas da área.

Tabela 3: Tabela das variáveis biofísicas utilizadas na modelagem da polinização na região das Cabeceiras do Pantanal, nos estados do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul.

lucode	lulcname	n_ground	n_wood	n_cavity	f_chuva	f_seca
1	Uso agrícola	0,35	0,4	0	0,65	0,2
2	Campestre	0,7	0,25	0	0,6	0,25
3	Formação Florestal	1	1	1	0,8	0,4
4	Savana	1	1	1	0,75	0,3
5	Áreas Úmidas	0	0,5	0,5	0,6	0,25
6	Solo Exposto	0	0	0	0	0
7	Área Urbana	0	0,75	0,5	0,2	0,1
8	Água	0	0	0	0	0

Fonte Lonsdorf et al. (2009).



Fonte: Adaptado da Coleção 8, Projeto Mapbiomas.

Figura 2: Uso e cobertura da terra em 2022 na região das Cabeceiras do Pantanal, nos estados do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul.

3.2.3. Dados de Espécies

Outro requisito do modelo InVest são os dados de entrada referente às espécies de interesse na análise. Esses dados devem conter o nome científico das espécies, o código que será atribuído a cada uma, em função de ser requisito do programa, apenas quatro caracteres e facilitar a visualização e manipulação da tabela dos dados (Sharp et al., 2016). Inicialmente

foram selecionadas 44 espécies de abelhas na região, mas em função da escassez de dados para as espécies de interesse, foram utilizadas apenas 17 espécies de abelhas no presente estudo.

A seleção dessas espécies foi feita segundo Aguiar et al. (2024) e Boff et al. (2013), depois de obter os nomes das espécies que foram citadas nos estudos, foi feita uma verificação espacial com dados de ocorrência das espécies, os quais foram obtidos por busca no GBIF (*Global Biodiversity Information Facility*) com a utilização do API do site por meio de *scripts* em *Python* (Python Software Foundation, 2020), limitando a busca para no máximo 300 pontos de ocorrência por espécie, com o intuito de tornar o tempo de processamento de dados mais dinâmico.

Complementarmente, foram selecionados todos os pontos de ocorrência das espécies dentro do Brasil e depois recortados para a região das Cabeceiras do Pantanal. Com isso, identificou-se apenas as espécies as quais possuíam pontos de ocorrência dentro da área de estudo, sendo estas utilizadas para a realização da modelagem (Tabela 4).

Os locais de nidificação, os mesmos contidos na tabela de uso e cobertura da terra, cavidade, solo e madeira (*nesting_suitability_local_index*), foram inseridos na tabela com seus respectivos índices por espécie. O índice possui valores binários de 0 e 1 e demonstra a preferência da espécie por nidificar naquele local, sendo '1' para espécies que nidifiquem naquele local e '0' para espécies que não nidifiquem naquele local, tais valores foram obtidos por meio de consultas a literatura e especialistas da área. Outra variável utilizada pelo modelo é a atividade de forrageamento (*foraging_activity_season_index*), variando de 0 a 1, e separado em duas estações, seca e chuvosa, em função da diferença da atividade nas duas épocas do ano, segundo Rabeling et al. (2019) e Souza et al. (2018).

A coluna de abundância relativa (*relative_abundance*) demonstra a presença/importância de cada espécie no local, variando de 0 a 1, sendo 1 para espécies mais importantes e presentes na região, mas em função da falta de dados sobre esta informação foi atribuído um valor igual para todas as espécies. Por fim, a coluna 'Alpha' que traduz o raio de voo das espécies em metros, sendo essa a distância média que uma abelha percorre do seu ninho até as flores para fazer a polinização, foram obtidos valores por meio da literatura e consulta a especialistas (Tabela 4).

Com base em dados secundários, foram obtidos dados de local de nidificação, época de forrageamento e raio de voo para as espécies utilizadas no modelo (Tabela 5).

Tabela 4: Informações das espécies de abelhas utilizadas na modelagem da polinização na região da Cabeceiras do Pantanal, nos estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul.

species	Cod	Ns_cavity	Ns_ground	Ns_wood	Fs_chuva	Fs_seca	Alpha	rl_abu
Apis melífera	B1	1	0	0	0,63	0,44	6500	1
Bombus morio	B2	0	1	0	0,4	0,6	2500	1
Centris aenea Lepeletier, 1841	B3	0	1	0	1	0	5000	1
Centris analis	B4	0	0	1	1	0	2500	1
Centris flavifrons	B5	0	0	1	1	0	5000	1
Centris fuscata	B6	0	1	0	0	1	5000	1
Centris nitens	B7	0	0	1	0,7	0,3	1854	1
Centris varia	B8	0	1	0	1	0	5000	1
Ceratina morrensis Strand, 1910	B9	1	0	0	1	0	5000	1
Epicharis flava	B10	0	1	0	1	0	2500	1
Epicharis xanthogastra	B11	0	1	0	1	0	2500	1
Eulaema nigrita	B12	1	0	0	1	0	2500	1
Geotrigona mombuca	B13	0	1	0	0,9	0,1	1200	1
Melipona fuliginosa	B14	0	0	1	0,5	0,5	2000	1
Tetragonisca angulata	B15	0	0	1	0,5	0,5	700	1
Xylocopa earensis	B16	0	0	1	0	1	3200	1
Xylocopa muscaria	B17	0	0	1	0	1	3200	1

Tabela 5: Referências utilizadas para obtenção dos dados sobre polinização na região da Cabeceiras do Pantanal, nos estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul.

Dados necessários	Descrição	Fontes
Distância de voo (alpha)	Distância média que cada espécie viaja para forragear, especificada em metros	Roubik 1989; Araujo et al. 2004; Greenleaf et al. 2007; Zurbuchen et al. 2010; Hagler et al. 2011; Françoso et al 2016;
Local do ninho	Comportamento de nidificação, seja preferindo construir ninhos no solo ou em cavidades de árvores	McNally e Schneider 1996; Gaglianone 2015; Giannini et al. 2015; Moure's list; Hines, Cameron e Deans 2007; Aguiar e Gaglianone 2003; De Jesus e Garofalo 2000; Vinson e Frankie 1988; Museu Nacional/UFRJ; Silveira, Melo e Almeida 2002; Abelha.org série 3; Abelha.org série 4.

3.2.4. Cruzamento de LULC com Abundância total de polinizadores

Para entender o uso e cobertura da terra com maior abundância de polinizadores, foi feita uma análise espacial com o resultado da abundância total de polinizadores na estação seca e chuvosa e a classificação de uso e cobertura da terra do Mapbiomas do ano de 2022. Com o auxílio do *software* ArcMap 10.8, foi utilizada a ferramenta “*Zonal Statistics as Table*”, a qual utiliza como entrada de dados dois arquivos rasters em sistemas projetados em unidades métricas, um definindo as classes e outro os valores quais serão analisados de acordo com as classes. Este processamento de dados resulta em uma tabela com variáveis estatísticas, como soma, contagem, mínimo, máximo, intervalo, média, desvio padrão e área em metros quadrados.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Abundância total de polinizadores

O programa InVest apresenta vários pontos positivos, como a visualização e interpretação dos dados, em função de se tratar de um índice que varia de 0 – 1 e a manipulação dos dados dentro do programa. Com o aumento de áreas antropizadas e diminuição das áreas naturais na região, o serviço ecossistêmico mostra-se afetado pela ação humana, tendo como consequência a diminuição da oferta de polinizadores na região e a diminuição da qualidade e produção da região, conseqüentemente.

A partir do processamento do modelo, dois mapas de abundância total de polinizadores foram gerados, um para a estação da seca e um para a estação da chuva no ano de 2022 (Figura 3 e Figura 4, respectivamente). Subseqüentemente à geração das ofertas dos polinizadores para a área de estudo, o modelo do software InVest estimou a média dos valores dos pixels e o mapa total de polinizadores. Assim, nos mapas de abundância de polinizadores, as cores mais próximas ao vermelho indicam valores de maior abundância de polinizadores e as cores mais próximas do azul indicam valores de menor abundância de polinizadores.

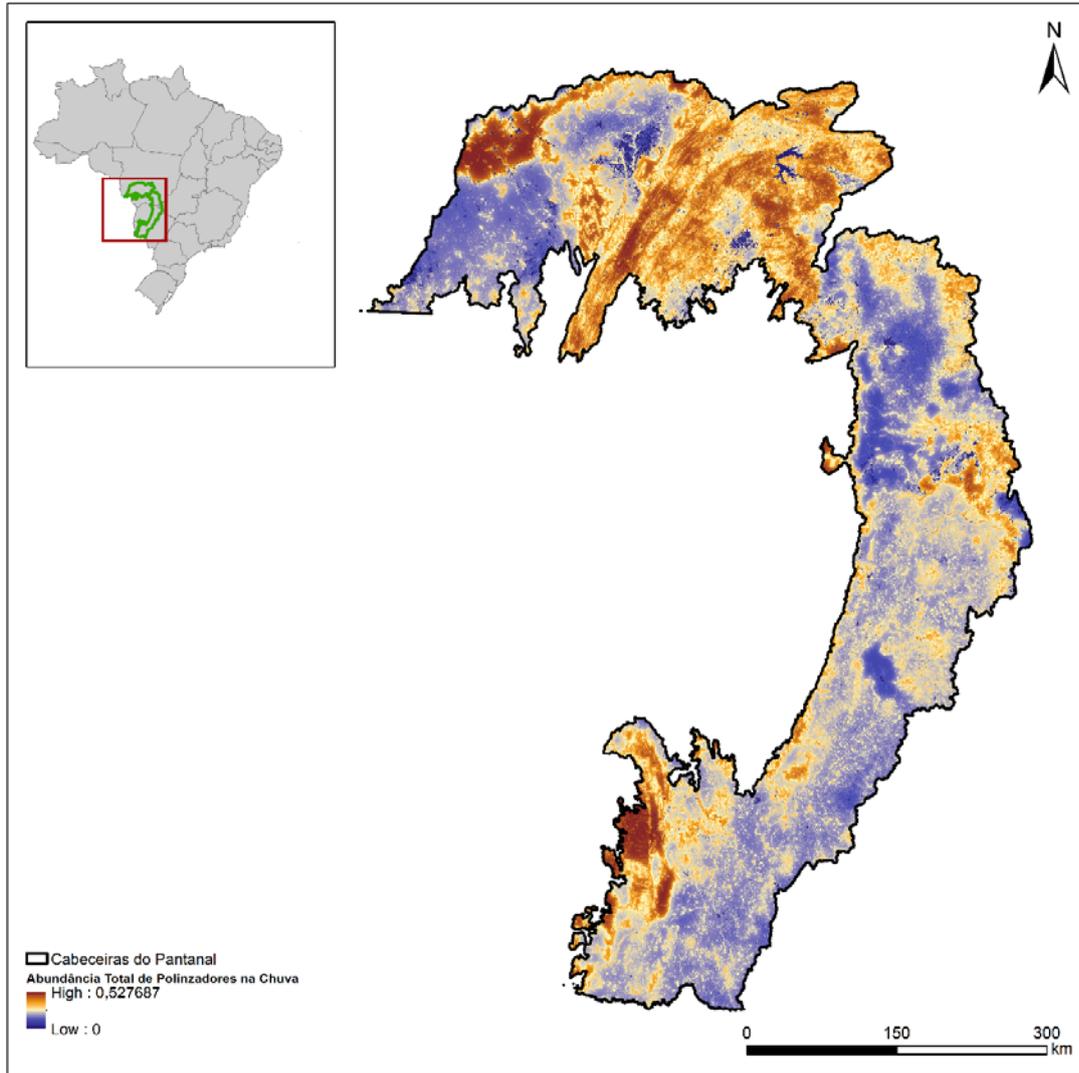


Figura 3: Distribuição espacial da abundância total de polinizadores no período de chuva (2022) na região da Cabeceiras do Pantanal, nos estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul.

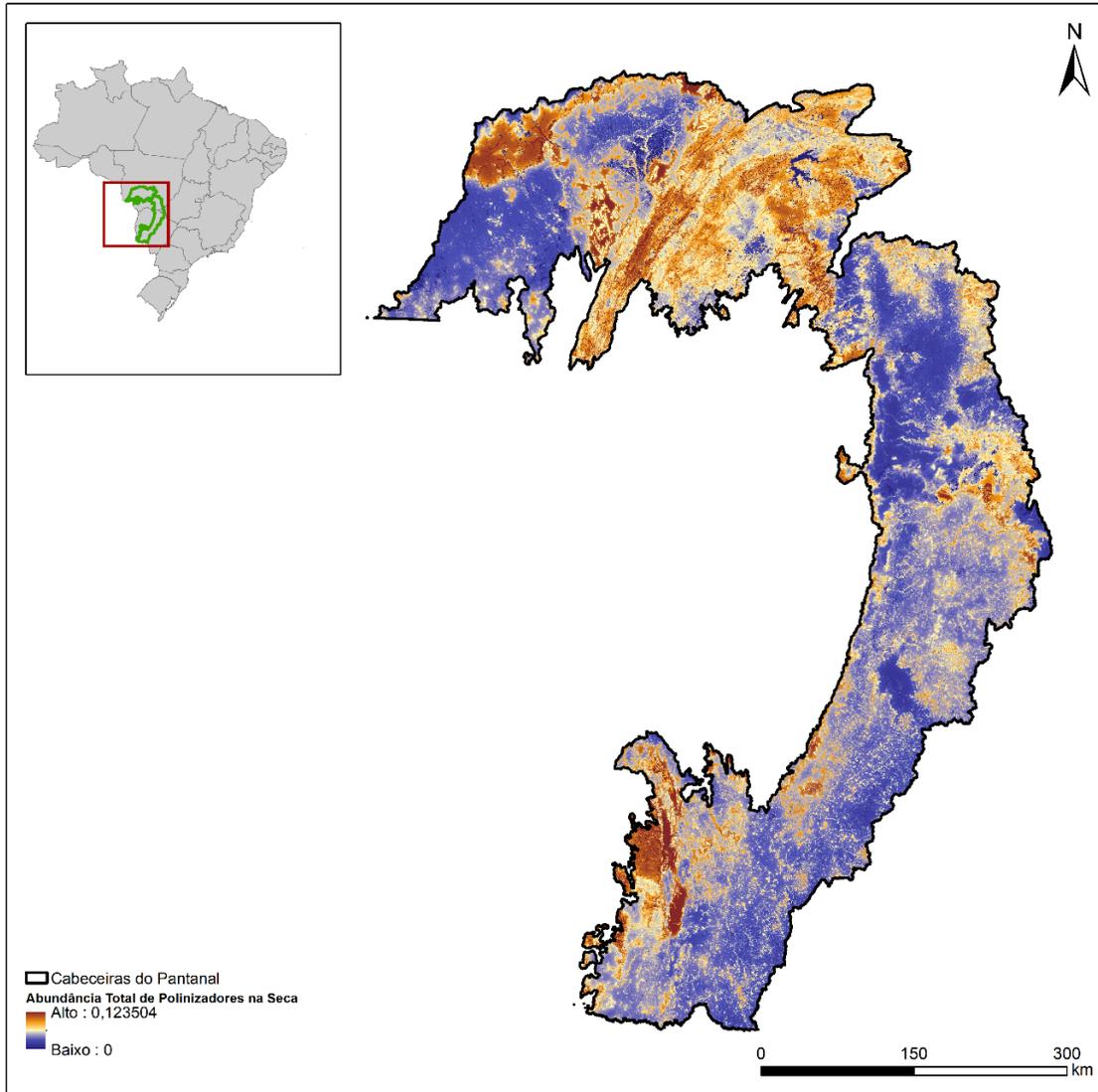


Figura 4: Distribuição espacial da abundância total de polinizadores no período de seca (2022) na região da Cabeceiras do Pantanal, nos estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul.

Com base nos resultados deste estudo, observa-se que a porção que compreende a parte do bioma Amazônia tem uma baixa abundância de polinizadores, em função do grande desmatamento que ocorre nele, convertendo vegetação natural em áreas agrícolas, na sua maioria. Outra localidade de baixa abundância que podemos observar, é a porção leste das cabeceiras, assim como na região amazônica, o bioma Cerrado também vem sofrendo com a expansão agrícola e perdendo áreas de vegetação natural. Sendo essa conversão, um fator crucial para a diminuição da população de abelhas silvestres, já que ocorre a diminuição de vegetação natural, diminuindo assim, locais de nidificação e disponibilidade florística. Ademais, observando as regiões da serra, perto de Cuiabá e Poconé, é possível ver que são regiões de maior abundância de polinizadores, assim como a região perto de Bonito e

Bodoquena- essas regiões têm a presença de cobertura vegetal nativa de forma bem conservada, possuindo assim um ambiente com muitas possibilidades para formação de ninhos e uma grande disponibilidade florística.

Outro fator que pode ser, é a diferença da abundância de polinizadores durante as duas estações escolhidas. Durante o período da chuva, observa-se que ocorre uma maior presença de polinizadores na região, já que sua atividade é maior nesse período em função da maior disponibilidade florística, como dito por Rabeling et al. (2019) e Souza et al. (2018). Por outro lado, a diminuição da presença de polinizadores na seca é explicada pela falta dessa disponibilidade florística, tendo só algumas espécies com atividades nas duas estações e um número ainda menor quando falamos de abelhas que trabalhem apenas na estação seca (Rabelin et al., 2019; Souza et al., 2018).

4.2. Abundância Específica de Polinizadores

Além da estimativa total de polinizadores, foram gerados mapas de abundância de polinizadores por espécie para as duas estações analisadas (seca e chuvosa em 2022) e mapas de oferta de polinizadores para cada espécie (Anexos 1 a 34).

No caso das espécies analisadas, observou-se que os valores máximos de abundância de polinizadores na estação seca foi 0,123 e na estação chuvosa o valor máximo foi 0,527. Tais valores de abundância foram correlacionados com os usos e cobertura da terra (Tabelas 6). Neste sentido, observou-se que na estação seca os usos da terra com maior abundância de polinizadores foram formação florestal e formação savânica, com médias de $0,072 \pm 0,019$ e $0,061 \pm 0,014$, respectivamente (Tabela 6). Mesmo com a diminuição da disponibilidade de recursos em relação a chuva, os valores continuam sendo mais favoráveis a atividade de forrageamento quando comparado aos outros usos e coberturas do solo, mesmo com a diminuição da atividade de abelhas e oferta de flores, como diz Rabeling et al. (2019) e Souza et al. (2018).

Tabela 6: Abundância de polinizadores por uso da terra no período da seca e chuva (2022) na região das Cabeceiras do Pantanal, nos estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul.

Uso	Média estação seca	Média estação chuvosa
Água	0.000	0.000
Área Urbana	0.015	0.070
Áreas úmidas	0.036	0.218
Campestre	0.035	0.218
Formação florestal	0.072	0.341
Savana	0.061	0.352

Solo exposto	0.000	0.000
Uso agrícola	0.026	0.217

Verificou-se que durante a estação chuvosa as maiores médias de abundâncias de polinizadores foram observados na formação savânica e na formação florestal, com médias/desvio padrão de $0,352 \pm 0,064$ e $0,341 \pm 0,068$, respectivamente (Tabela 6). Estes valores podem ser explicados em função da disponibilidade de locais para nidificação ser alta na vegetação nativa e a disponibilidade de recursos florísticos nessa estação ser alta, com valores próximos a 1.

4.3. Relevância do estudo de polinizadores

O aumento dos monocultivos agrícolas nos últimos anos e, por consequência, a redução das áreas naturais e biodiversidade, afetou a disponibilidade de polinizadores na área estudo pois áreas antropizadas apresentam menor oferta de locais de forrageamento e disponibilidade de recursos florísticos para os polinizadores, sendo esses os fatores necessários para a sobrevivência de abelhas em uma região de interesse (Constanza e colaboradores, 1997).

Pelo menos um terço das culturas agrícolas no Brasil é dependente de polinizadores, sendo que para algumas culturas a polinização garante maior produtividade na colheita, com forte impacto na produção agrícola (Giannini et al. 2015). Para manter culturas dependentes de polinizadores, é importante a proteção da vegetação nativa e da biodiversidade nos ecossistemas agrícolas. A manutenção da biodiversidade e proteção das áreas naturais, atrelado a um uso mais consciente e racional da terra e dos recursos naturais poder ser um dos fatores para preservação do serviço ecossistêmico de polinização e seus resultados por ele gerados.

Por fim, os resultados dessa modelagem da abundância de polinizadores total e por espécies se apresentam com alto potencial para serem utilizados por gestores e tomadores de decisão no investimento de recursos para aumentar a abundância de polinizadores e, com isso, melhorar a produção agrícola, contribuir para a conservação da biodiversidade e manutenção do capital natural (Wentling et al., 2021). De fato, a manutenção dos serviços ecossistêmicos depende da colaboração entre o capital natural e o capital humano (Constanza et al. 1997).

5. CONCLUSÃO

A partir da utilização do modelo InVest, é possível estimar a distribuição espacial e sazonal da abundância total e específica de polinizadores na região das Cabeceiras do Pantanal. Os principais limitantes na aplicação do modelo foram a disponibilidade e o acesso aos dados das espécies polinizadoras para a área de estudo. Para modelar a abundância de polinizadores, é necessário dados sobre a disponibilidade florística, indisponíveis ou inacessíveis para a maior parte das espécies de abelhas e regiões do Brasil. Além disso, a maior disponibilidade de dados de raio de voo das espécies de abelhas é para regiões temperadas. No presente estudo, esta deficiência de dados foi suprida por consultas à especialistas em abelhas e aproximações foram feitas para obtenção dos dados.

Apesar das limitações relacionadas ao acesso e disponibilidade de dados das diferentes espécies de abelhas, o modelo de Polinização do InVEST se mostrou robusto e coerente com os diferentes usos e coberturas da terra e com as estações climáticas analisadas, podendo ser utilizado na tomada de decisões e definições de estratégias e prioridades para a conservação de recursos naturais. Análises mais complexas, como valoração do serviço ecossistêmico, requerem programas, métodos e dados complementares para serem estimados adequadamente. Estudos correlacionando a influência do clima nos polinizadores, comparação de cenários e análise temporal são indicados como trabalhos futuros e interessantes a serem realizados. Do mesmo modo, mais estudos de polinizadores em regiões tropicais deverem ser amplificados, de modo a auxiliar na proteção da diversidade de abelhas nativas e, conseqüentemente, contribuir para a manutenção de serviços ecossistêmicos correlacionadas. Portanto, faz-se fulcral a proteção de áreas naturais (vegetação nativa) para preservação da biodiversidade e por consequência manter a produtividade das culturas agrícolas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADÂMOLI, J. O pantanal e suas relações com os Cerrados: discussão sobre o conceito de “Complexo do Pantanal”, In: Congresso Nacional de Botânica, 32. 1981, Teresina. Anais... Teresina: Sociedade Botânica do Brasil, 1982. p. 109-119.
- AGUIAR, C. M. L.; GAGLIANONE, M. C. Nesting biology of *Centris (Centris) aenea* Lepeletier (Hymenoptera, Apidae, Centridini). *Revista Brasileira de Zoologia*, v. 20, n. 4, p. 601-606, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0101-81752003000400006>. Acesso em: 27 maio 2024.
- AIZEN, M. A.; HARDER, L. D. The global stock of domesticated honey bees is growing slower than agricultural demand for pollination. *Current Biology*, v. 19, n. 11, p. 915-918, 2009. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.cub.2009.03.071>.
- ALLEM, A. C.; VALLS, J. F. M. Recursos forrageiros nativos do Pantanal Mato-Grossense. Brasília: Embrapa-Cenargen, 1987. 339p. (Embrapa-Cenargen. Documentos 8).
- ANDRADE, D. C.; ROMEIRO, A. R.. Valoração de serviços ecossistêmicos: por que e como avançar? Valoração de serviços ecossistêmicos: por que e como avançar?. *Sustentabilidade em Debate*, v.4, n.1, p.43-58, 2013. DOI: <http://doi.org/10.18472/SustDeb.v4n1.2013.9199>
- ANDRADE, D. C.. Elementos facilitadores do entendimento das interfaces entre sistemas naturais e socioeconômicos. *Holos*, v.2, p.155, 2015. DOI: <http://doi.org/10.15628/holos.2015.2125>
- BASSANEZI, R. C. Ensino-aprendizagem com modelagem matemática. 2. ed. São Paulo: [s.n.].
- BOFF, S., ARAUJO, A.C. & POTT, A. Bees (Hymenoptera: Apoidea) and flowers of natural forest patches of southern Pantanal. *Biota Neotrop.* 13(4): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n4/en/abstract?article+bn00813042013>.
- BRAAT, L. C.; GROOT, R.. The ecosystem services agenda:bridging the worlds of natural science and economics, conservation and development, and public and private policy. *Ecosystem Services*, v.1, n.1, p.4-15, 2012. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.ecoser.2012.07.011>
- CHRISTOFOLETTI, A. Modelagem de sistemas ambientais. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.
- COELHO, M.E. & MAIOLI, V. (Org.).2023. Planejamento Espacial para Restauração das Cabeceiras do Pantanal com foco em Recursos Hídricos. WWF-Brasil. ISBN: 978-65-89267-05-8

- COSTA, C. C. A.; OLIVEIRA, F. L.. Polinização: serviços ecossistêmicos e o seu uso na agricultura. *Pollination: ecosystem services and their use in agriculture. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v.8, p.1-10, 2013.
- COSTANZA, R.; D'ARGE, R.; GROOT, R.; FARBER, S.; GRASSO, M.; HANNON, B.; LIMBURG, K.; NAEEM, S.; O'NEILL, R. V.; PARUELO, J.; RASKIN, R. G.; SUTTON, P.; DEN BELT, M. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, v. 387, n. 6630, p. 253-260, 1997. DOI: <http://doi.org/10.1038/387253a0>.
- COSTANZA, R.; GROOT, R.; BRAAT, L.; KUBISZEWSKI, I.; FIORAMONTI, L.; SUTTON, P.; FARBER, S.; GRASSO, M.. Twenty years of ecosystem services: How far have we come and how far do we still need to go? *Ecosystem Services*, v.28, p.1-16, 2017. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.09.008>
- COSTANZA, R.. Valuing natural capital and ecosystem services toward the goals of efficiency, fairness, and sustainability. *Ecosystem Services*, v.43, p.101096, 2020. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.ecoser.2020.101096>
- DE JESUS, B. M. V.; GAROFALO, C. A. Nesting behaviour of *Centris* (*Heterocentris*) analis (*Fabricius*) in southeastern Brazil (*Hymenoptera*, *Apidae*, *Centridini*). *Apidologie*, v. 31, n. 4, p. 503-515, 2000.
- EITEN, G. Duas travessias na vegetação do Maranhão. Brasília: UnB, 1994. 76 p. il.
- EHRlich R. P.; MOONEY A. H.. Extinction, substitution and ecosystem services. *BioScience*, v.33, n.4, p.248-254, 2013. DOI: <http://doi.org/10.2307/1309037>
- ELIAS, M. A. S.; BORGES, F. J. A.; BERGAMINI, L. L.; FRANCESCHINELLI, E. V.; SUJII, E. R. Climate change threatens pollination services in tomato crops in Brazil. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v. 239, p. 257-264, 2017. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.agee.2017.01.026>.
- GALLAI, N.; SALLES, J. M.; SETTELE, J.; VAISSIÈRE, B. E.. Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological Economics*, v.68, n.3, p.810-821, 2008. DOI: [HTTP://DOI.ORG/10.1016/J.ECOLECON.2008.06.014](http://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.06.014).
- GARIBALDI, L. A.; et al. Mutually beneficial pollinator diversity and crop yield outcomes in small and large farms. *Science*, v. 351, n. 6271, p. 388-391, 2016. DOI: <http://doi.org/10.1126/science.aac7287>.
- GIANNINI, T. C. et al. The Dependence of Crops for Pollinators and the Economic

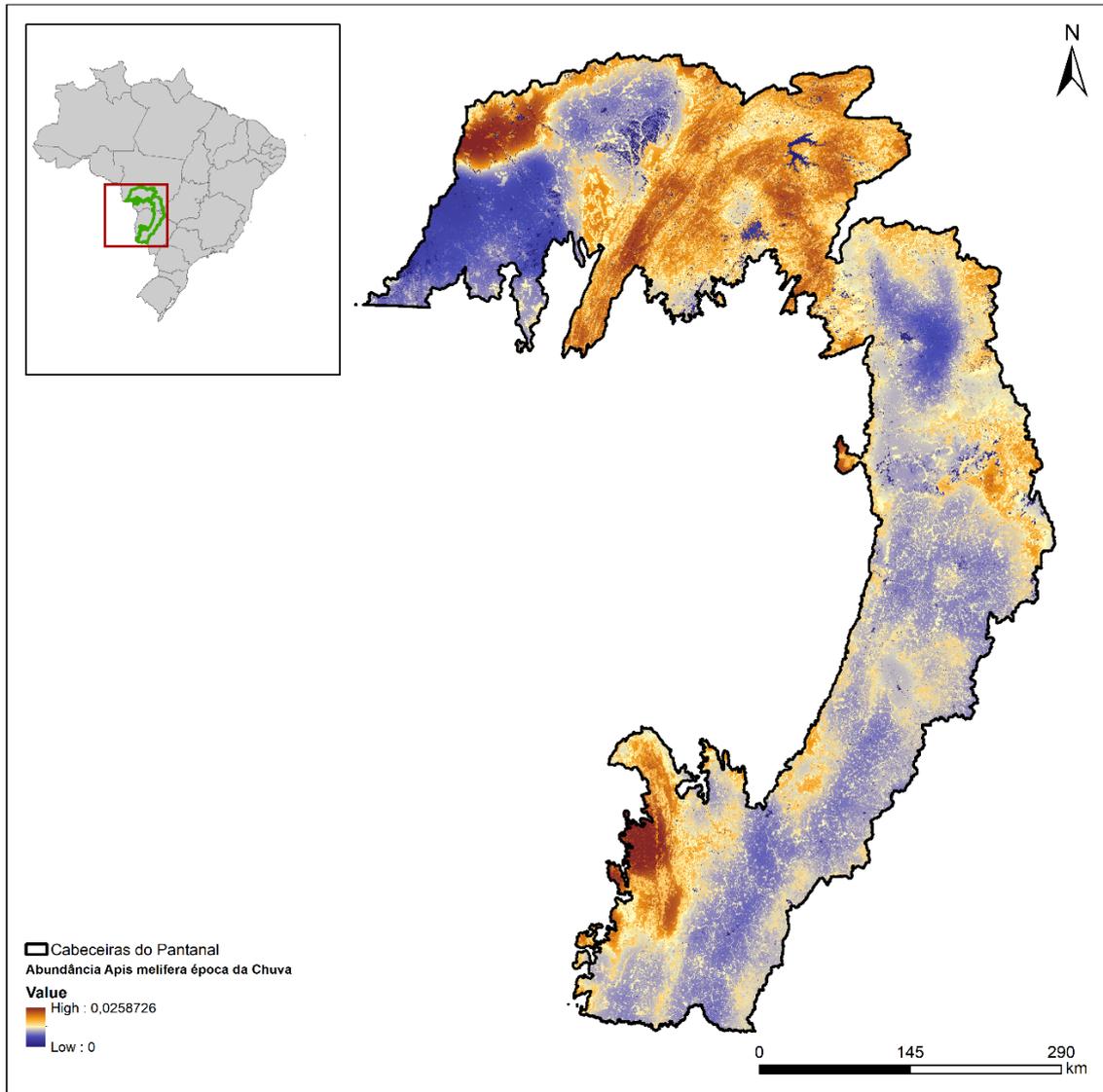
- Value of Pollination in Brazil. *Journal of Economic Entomology*, p. 1–9, 2015.
- GIANNINI, T. C.; BOFF, S.; CORDEIRO, G. D.; CARTOLANO, E. A.; VEIGA, A. K.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; SARAIVA, A. M.. Crop pollinators in Brazil: a review of reported interactions. *Apidologie*, v.46, n.2, p.209-223, 2015a. DOI: <http://doi.org/10.1007/s13592-014-0316-z>
- GÓMEZ-BAGGETHUN, E.; GROOT, R.; LOMAS, P. L.; MONTES, C.. The history of ecosystem services in economic theory and practice: From early notions to markets and payment schemes. *Ecological Economics*, v.69, n.6, p.1209-1218, 2010. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.11.007>
- GREENLEAF, S. S. et al. Bee foraging ranges and their relationship to body size. *Oecologia*, v. 153, n. 3, p. 589–596, 2007.
- HINES, H. M.; CAMERON, S. A.; DEANS, A. R. Nest Architecture and Foraging Behavior in *Bombus Pullatus* (Hymenoptera: Apidae), with Comparisons to Other Tropical Bumble Bees. *Journal of the Kansas Entomological Society*, v. 80, n. 1, p. 1-15, 1 jan. 2007.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Brasileiro de 2021.
- B. K.; HOLZSCHUH, A.; WESTPHAL, C.; CLOUGH, Y.; SMIT, I.; PAWELZIK, E.; TSCHARNTKE, T.. Bee pollination improves crop quality, shelf life and commercial value. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, v.281, n.1775, 2013. DOI: <http://doi.org/10.1098/rspb.2013.2440>
- IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; NUNES-SILVA, P.. As abelhas, os serviços ecossistêmicos e o Código Florestal Brasileiro. *Biota Neotropica*, v.10, n.4, p.59-62, 2010. DOI: [10.1590/s1676-06032010000400008](http://doi.org/10.1590/s1676-06032010000400008)
- KLEIN, A.; VAISSIE, B. E.; CANE, J. H.; STEFFAN-DEWENTER, I.; CUNNINGHAM, S. A.; KREMEN, C.; TSCHARNTKE, T. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B*, v. 274, p. 303-313, 2007. DOI: <http://doi.org/10.1098/rspb.2006.3721>.
- LONSDORF, ERIC et al. Modelling pollination services across agricultural landscapes. *Annals of botany*, p. mcp069, 2009.
- MAPBIOMAS – Coleção 8 da Série Anual de Mapas da Cobertura e Uso do Solo do Brasil. 2022. Disponível Em: <https://Mapbiomas.Org/>.

- MARTINELLI, L. A.; FILOSO, S. Balance between food production, biodiversity and ecosystem services in Brazil: a challenge and an opportunity. *Biota Neotropica*, v. 9, n. 4, p. 21–25, 2009.
- MCNALLY, LINDA C.; SCHNEIDER, STANLEY S. Spatial Distribution and Nesting Biology of Colonies of the African Honey Bee *Apis mellifera scutellata* (Hymenoptera: Apidae) in Botswana, Africa. *Environmental Entomology*, v. 25, n. 3, p. 643-652, 1 jun. 1996. DOI: <https://doi.org/10.1093/ee/25.3.643>.
- MEA. Millenium Ecosystem Assessment. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. WASHINGTON: ISLAND PRESS, 2005.
- MWEBAZE, P.; MARRIS, G. C.; BROWN, M.; MACLEOD, A.; JONES, G.; BUDGE, G. E. Measuring public perception and preferences for ecosystem services: A case study of bee pollination in the UK. *Land Use Policy*, v. 71, p. 355-362, 2018. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.11.045>.
- NASCIMENTO, W. M.; GOMES, E. M. L.; BATISTA, E. A.; FREITAS, R. A.. Utilização de agentes polinizadores na produção de sementes de cenoura e pimenta doce em cultivo protegido. *Horticultura Brasileira*, v.30, n.3, p.494- 498, 2012. DOI: <http://doi.org/10.1590/S0102-05362012000300023>
- NICHOLLS, E.; ELY, A.; BIRKIN, L.; BASU, P.; GOULSON, D. The contribution of small-scale food production in urban areas to the sustainable development goals: review and case study. *Sustainability Science*, v. 15, n. 6, p. 1585-1599, 2020. DOI: <http://doi.org/10.1007/s11625-020-00792-z>.
- OLLERTON, J.; WINFREE, R.; TARRANT, S. How many flowering plants are pollinated by animals? *Oikos*, v. 120, n. 3, p. 321–326, 2011. Python Software Foundation.
- PYTHON (Versão 3.9) [software]. Wilmington, DE: Python Software Foundation, 2020. Disponível em: <https://www.python.org/>. Acesso em: 27 maio 2024.
- RABELING, S. C.; LIM, J. L.; TIDON, R.; NEFF, J. L.; SIMPSON, B. B.; PAWAR, S. Seasonal variation of a plant-pollinator network in the Brazilian Cerrado: Implications for community structure and robustness. *PLOS ONE*, v. 14, n. 12, e0224997, 2019. DOI: <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0224997>.
- RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As Principais Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: *Cerrado: ecologia e flora / editores técnicos*. Sueli Mtiko Sano, Seíramis Pedrosa de Almeida, José Felipe Ribeiro. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. 2 v. p. 153-212.

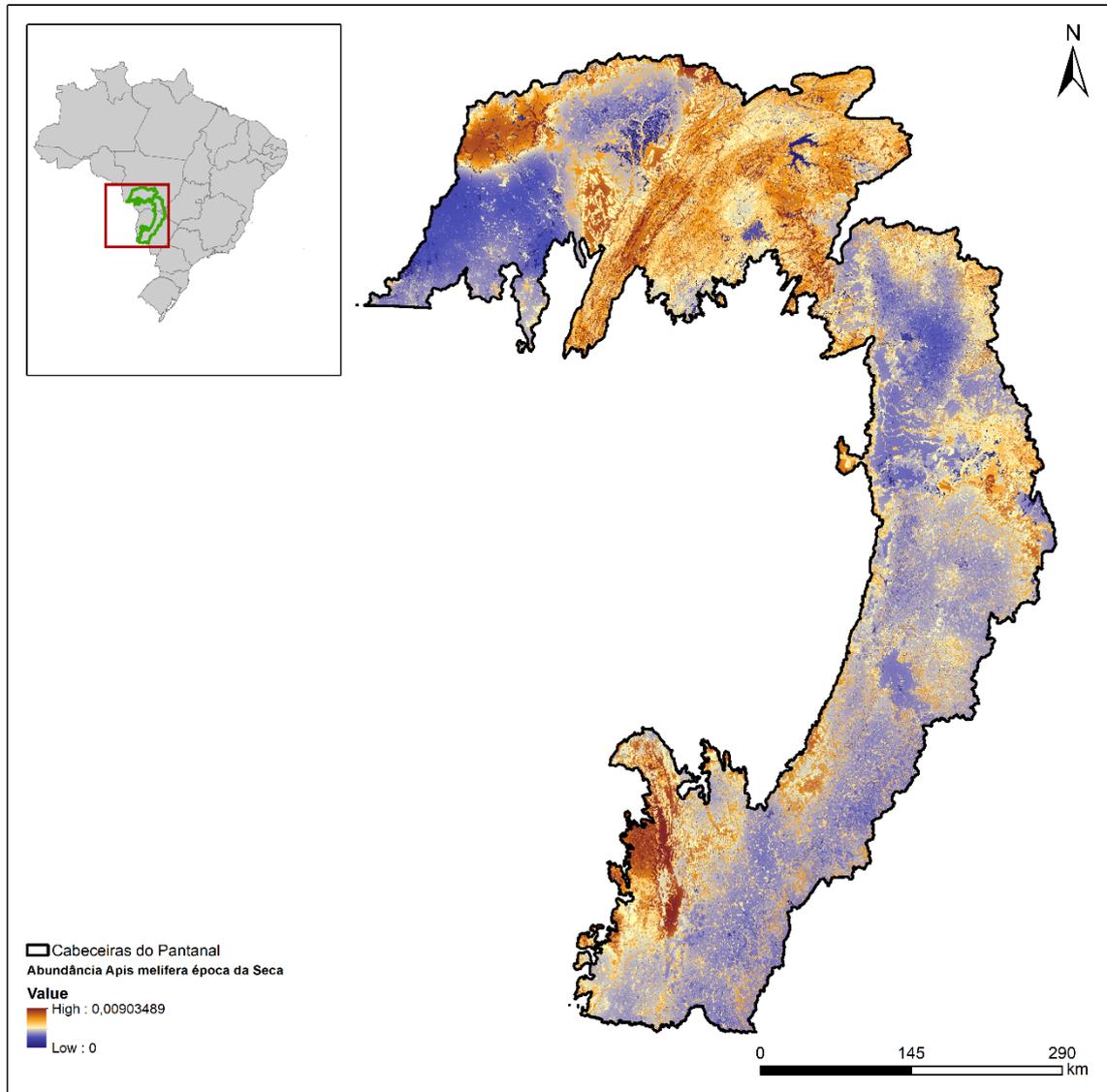
- SHARP, R. et al. InVEST +VERSION+ User's Guide. Stanford University, University of Minnesota, The Nature Conservancy, and World Wildlife Fund, The Natural Capital Project, 2016.
- SHARP, R. et al. InVEST User's Guide. The Natural Capital Project. The Natural Capital Project, Stanford University, University of Minnesota, The Nature Conservancy, and World Wildlife Fund, v. 14, n. 1, p. 81-87, 2015.
- SILVEIRA, FERNANDO A.; MELO, GABRIEL A. R.; ALMEIDA, EDUARDO A. B. Abelhas brasileiras: sistemática e identificação. Belo Horizonte: Fernando A. Silveira, 2002.
- SÍLVIA, C.; PIRES, S.; PEREIRA, F. M.; TERESA, M. Enfraquecimento e perda de colônias de abelhas no Brasil: há casos de CCD? Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 51, n. 5, p. 422-442, 2016. DOI: <http://doi.org/10.1590/S0100-204X2016000500003>.
- SOUZA, C. S.; MARUYAMA, P. K.; AOKI, C.; SIGRIST, M. R.; RAIZER, J.; GROSS, C. L. Temporal variation in plant–pollinator networks from seasonal tropical environments: higher specialization when resources are scarce. Journal of Ecology, v. 106, p. 2409-2420, 2018.
- VINSON, S. B.; FRANKIE, G. W. A comparative study of the ground nests of *Centris flavifrons* and *Centris aethiocesta* (Hymenoptera: Anthophoridae). Entomologia Experimentalis et Applicata, v. 49, n. 1-2, p. 181-187, 1988.
- WENTLING, C.; CAMPOS, F. S.; DAVID, J.; CABRAL, P. Pollination Potential in Portugal: Leveraging an Ecosystem Service for Sustainable Agricultural Productivity. Land, v. 10, n. 431, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/land1004043>.

ANEXOS

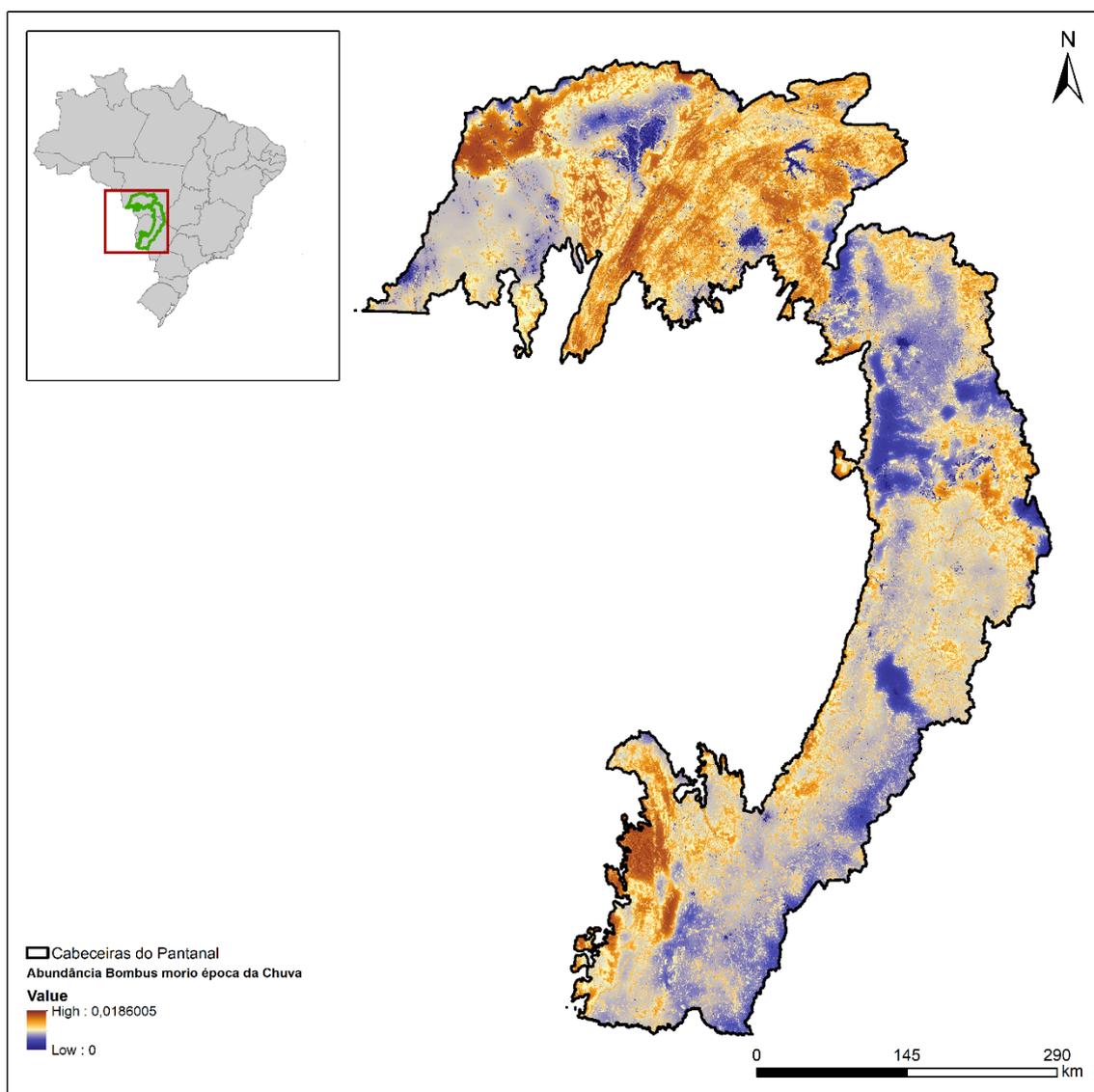
Anexo 1: Abundância *Apis melifera* no período chuvoso nas Cabeceiras do Pantanal



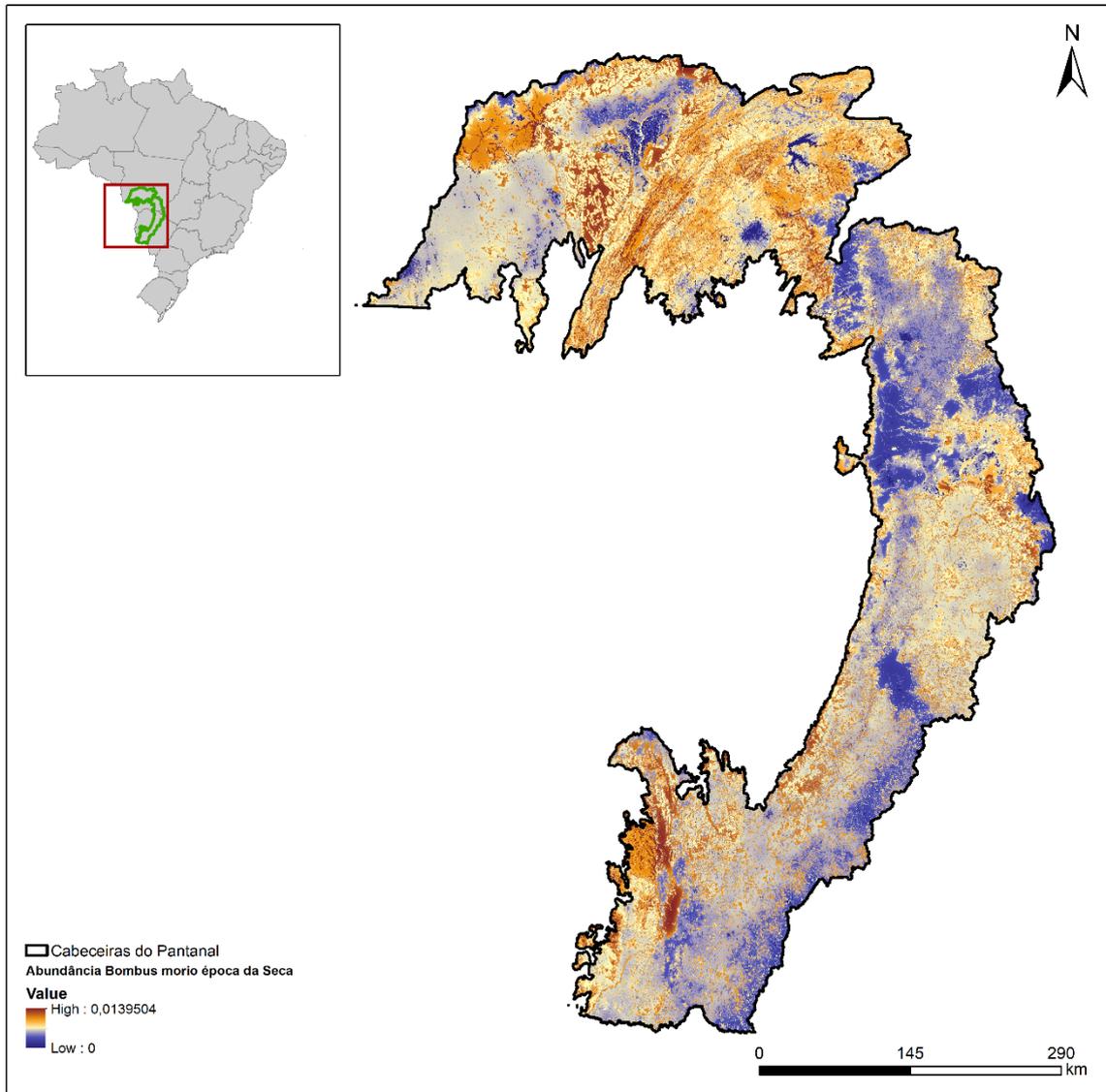
Anexo 2: Abundância *Apis mellifera* no período seco nas Cabeceiras do Pantanal



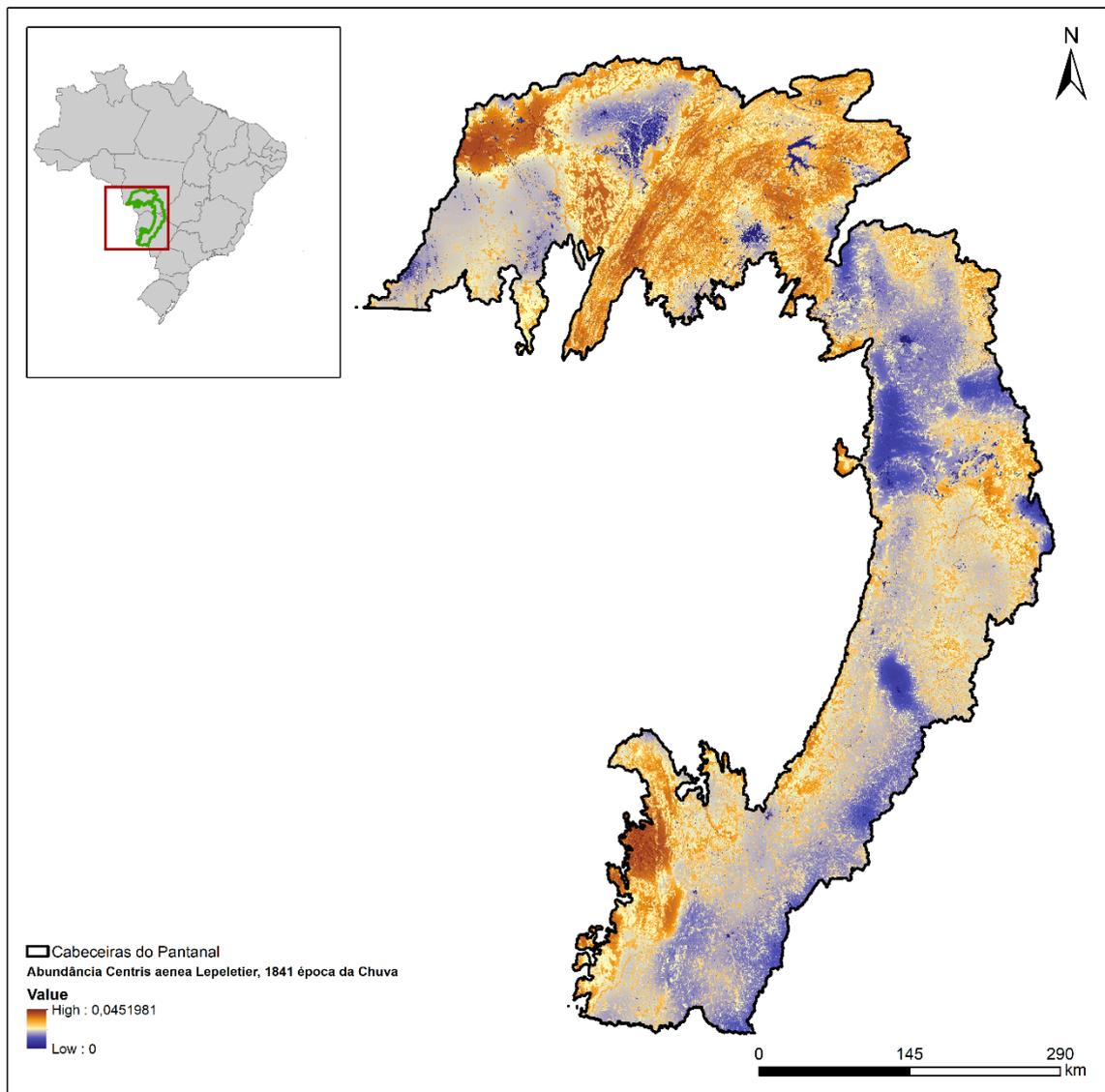
Anexo 3: Abundância *Bombus morio* no período chuvoso nas Cabeceiras do Pantanal



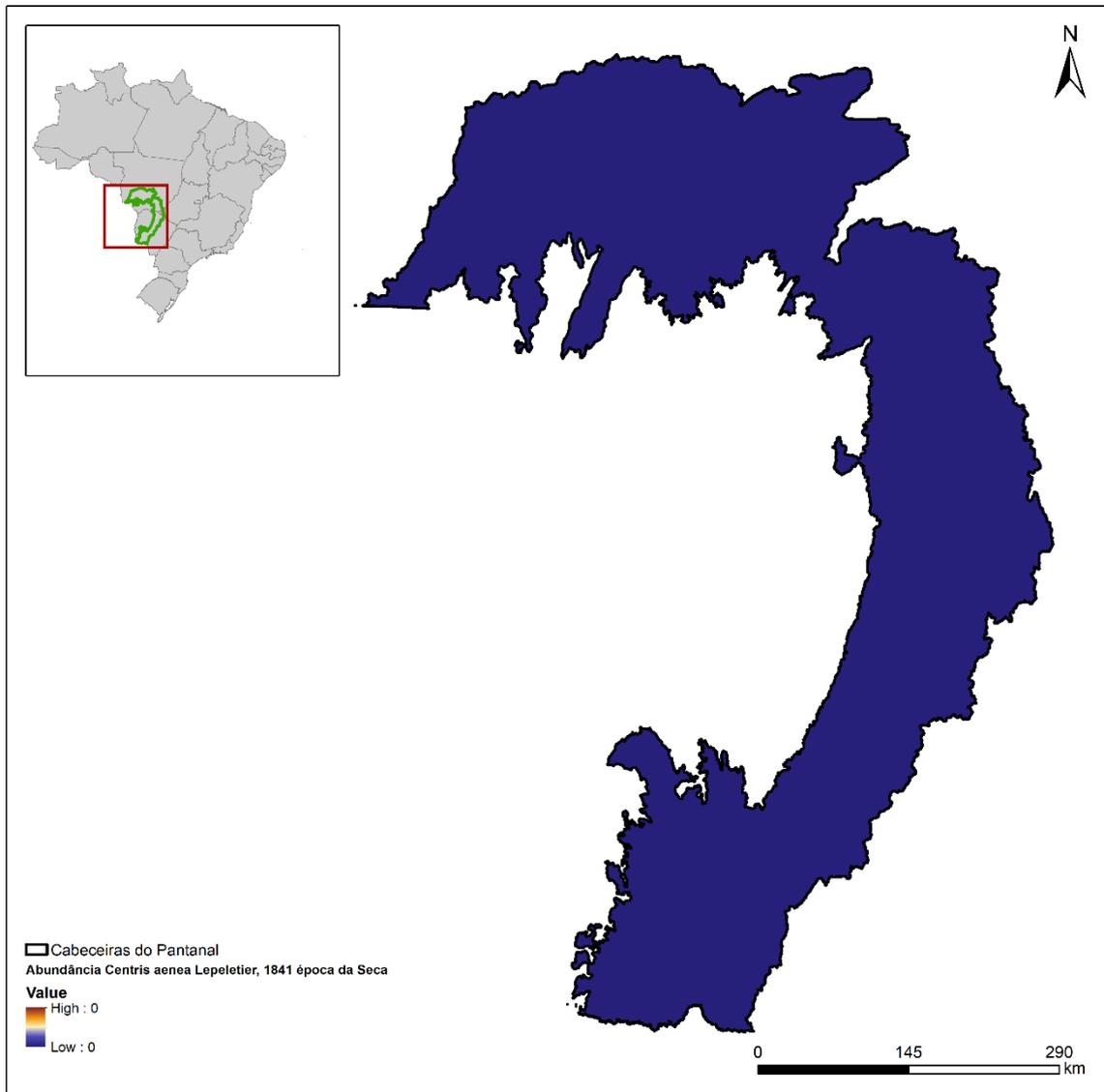
Anexo 4: Abundância *Bombus morio* no período seco nas Cabeceiras do Pantanal



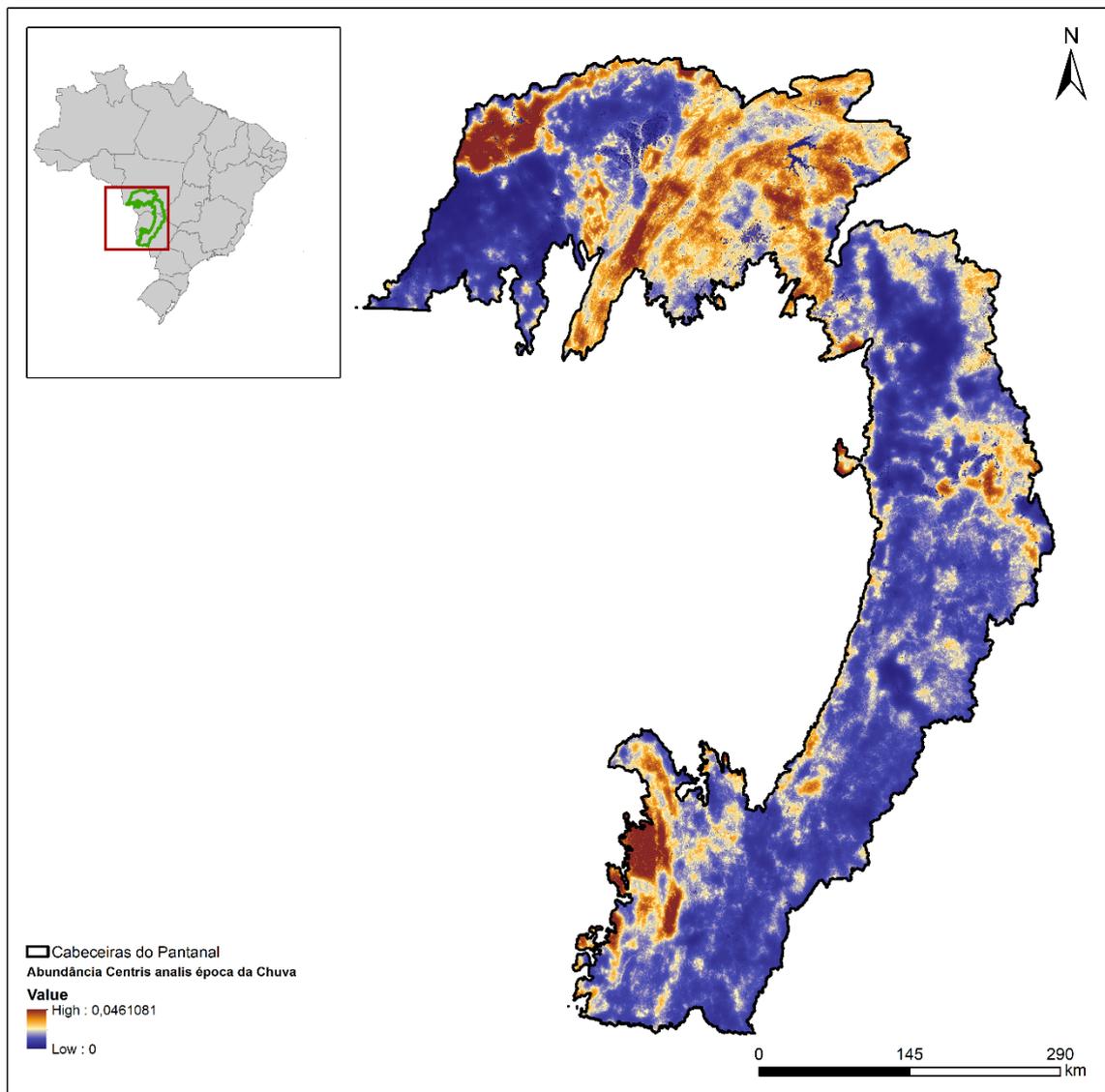
Anexo 5: Abundância *Centris aenea* Lepeletier, 1841 no período chuvoso nas Cabeceiras do Pantanal



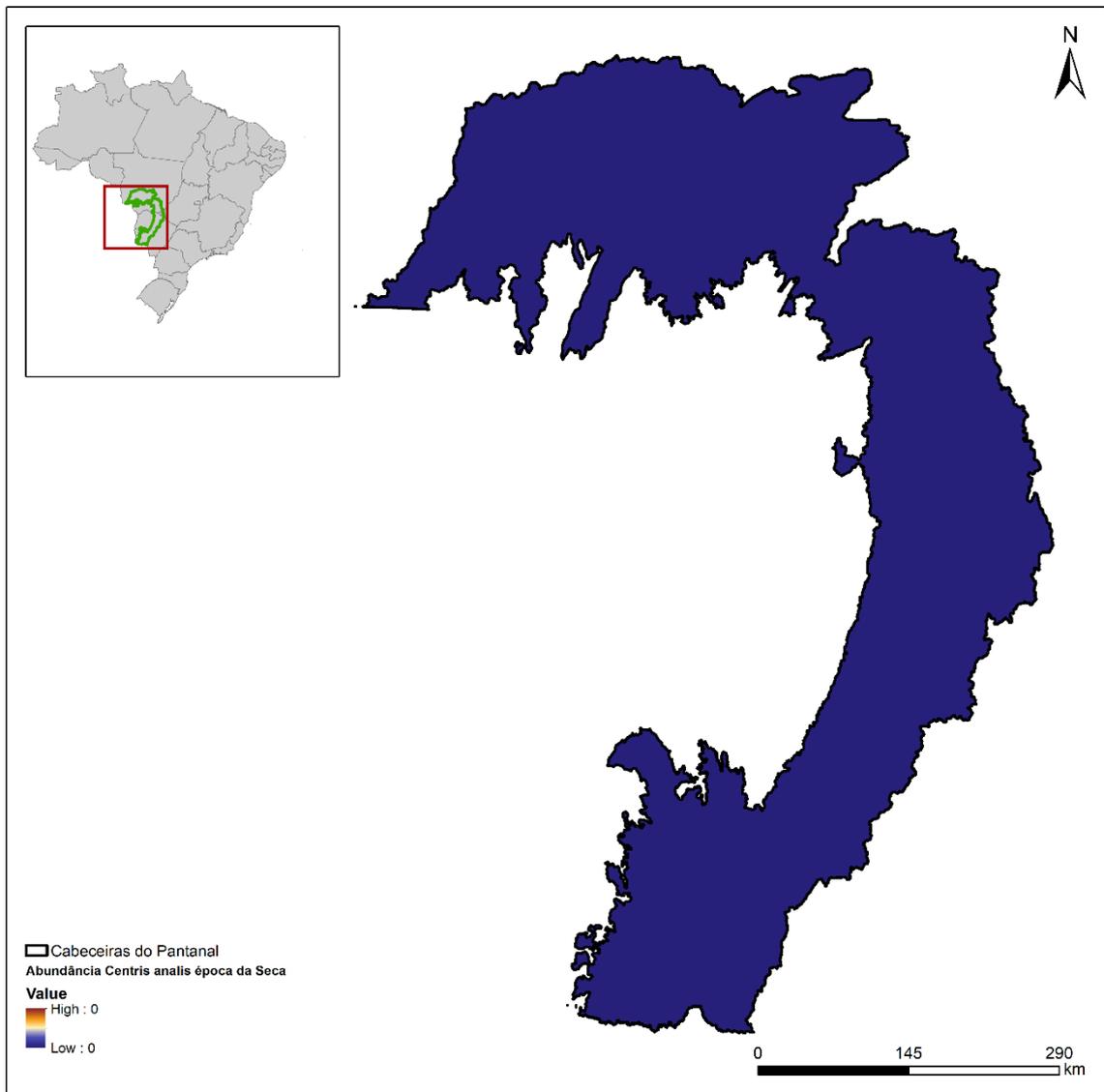
Anexo 6: Abundância *Centris aenea* Lepeletier, 1841 no período seco nas Cabeceiras do Pantanal



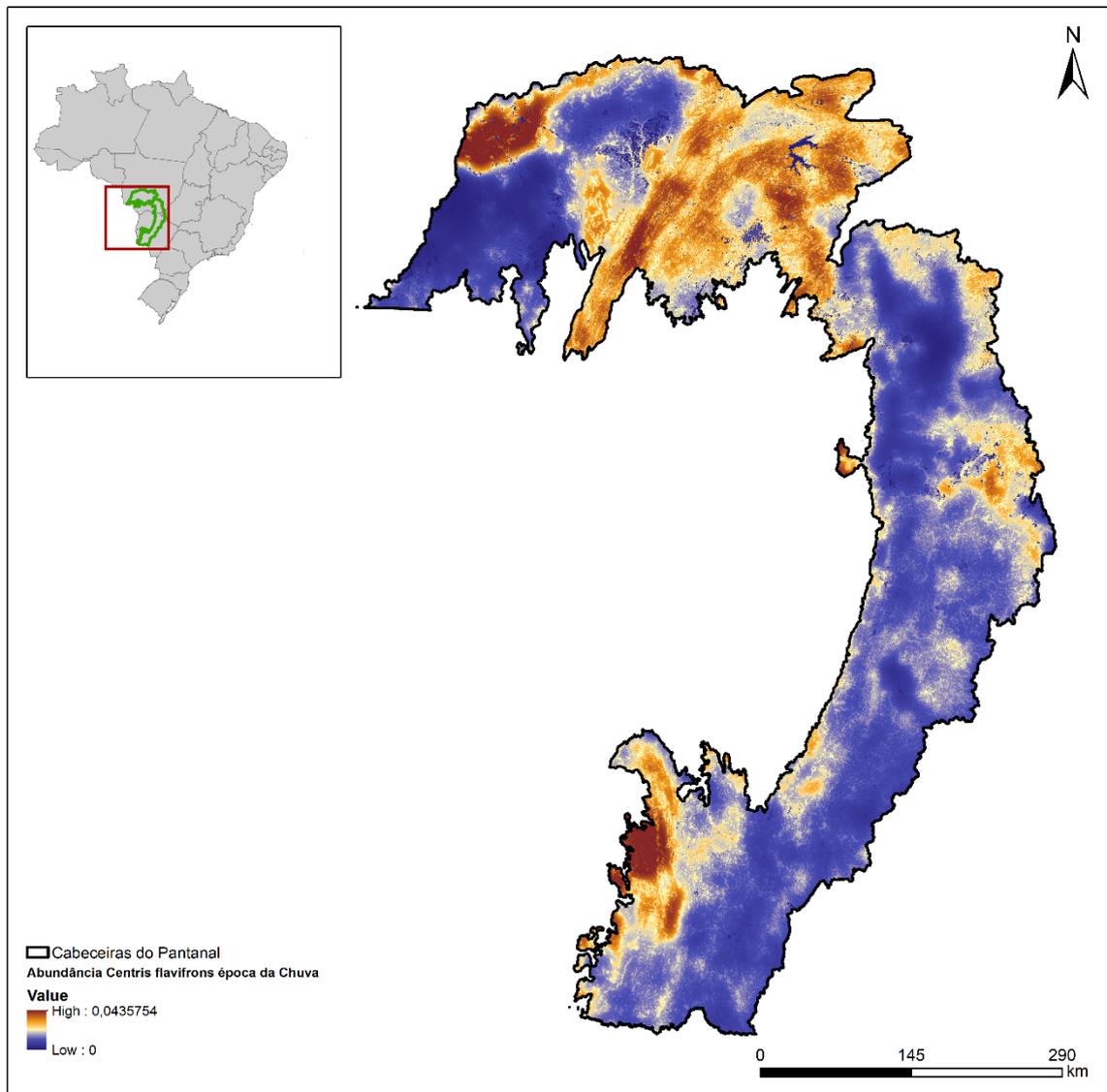
Anexo 7: Abundância *Centris analis* no período chuvoso nas Cabeceiras do Pantanal



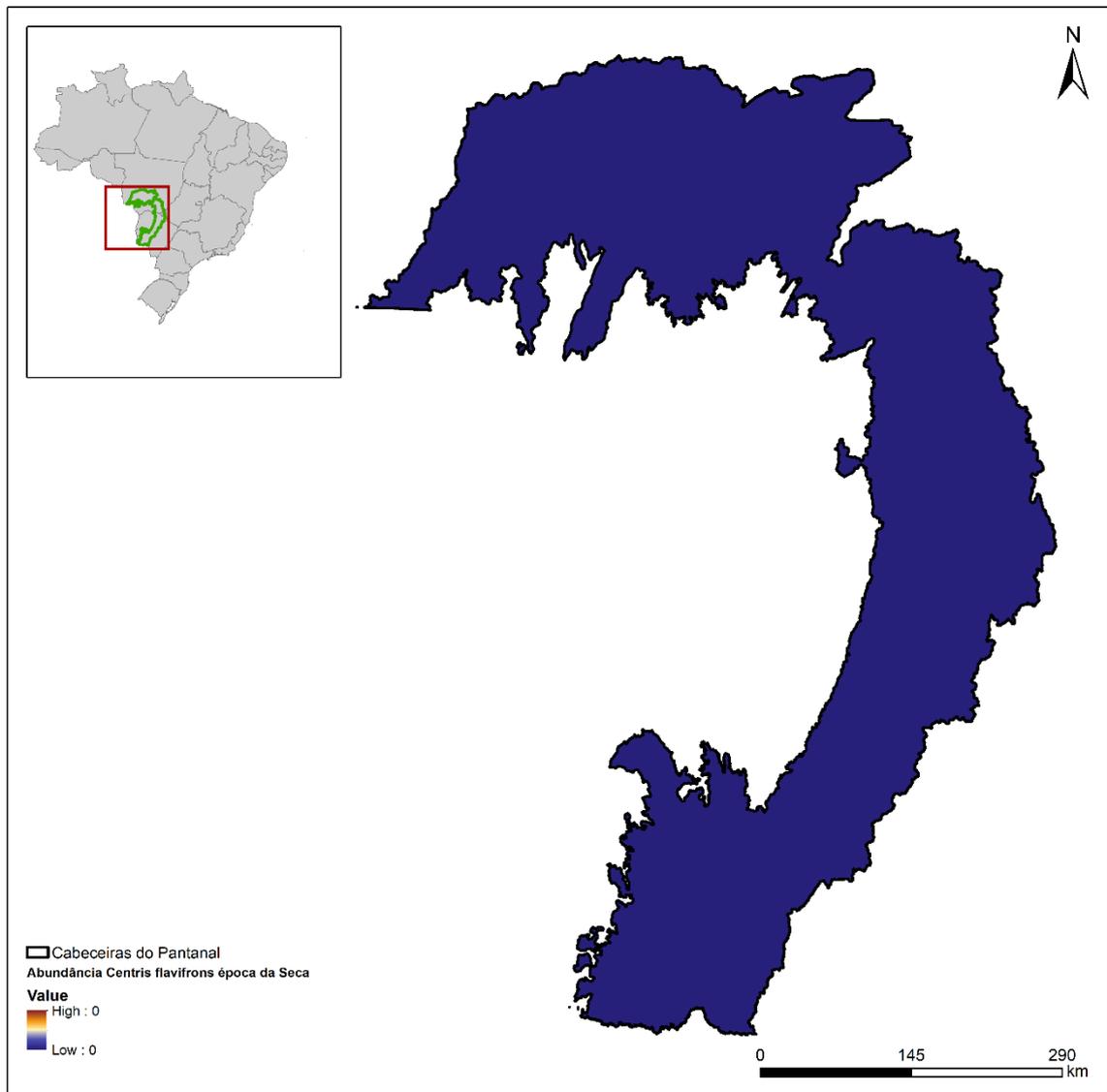
Anexo 8: Abundância Centris analis no período seco nas Cabeceiras do Pantanal



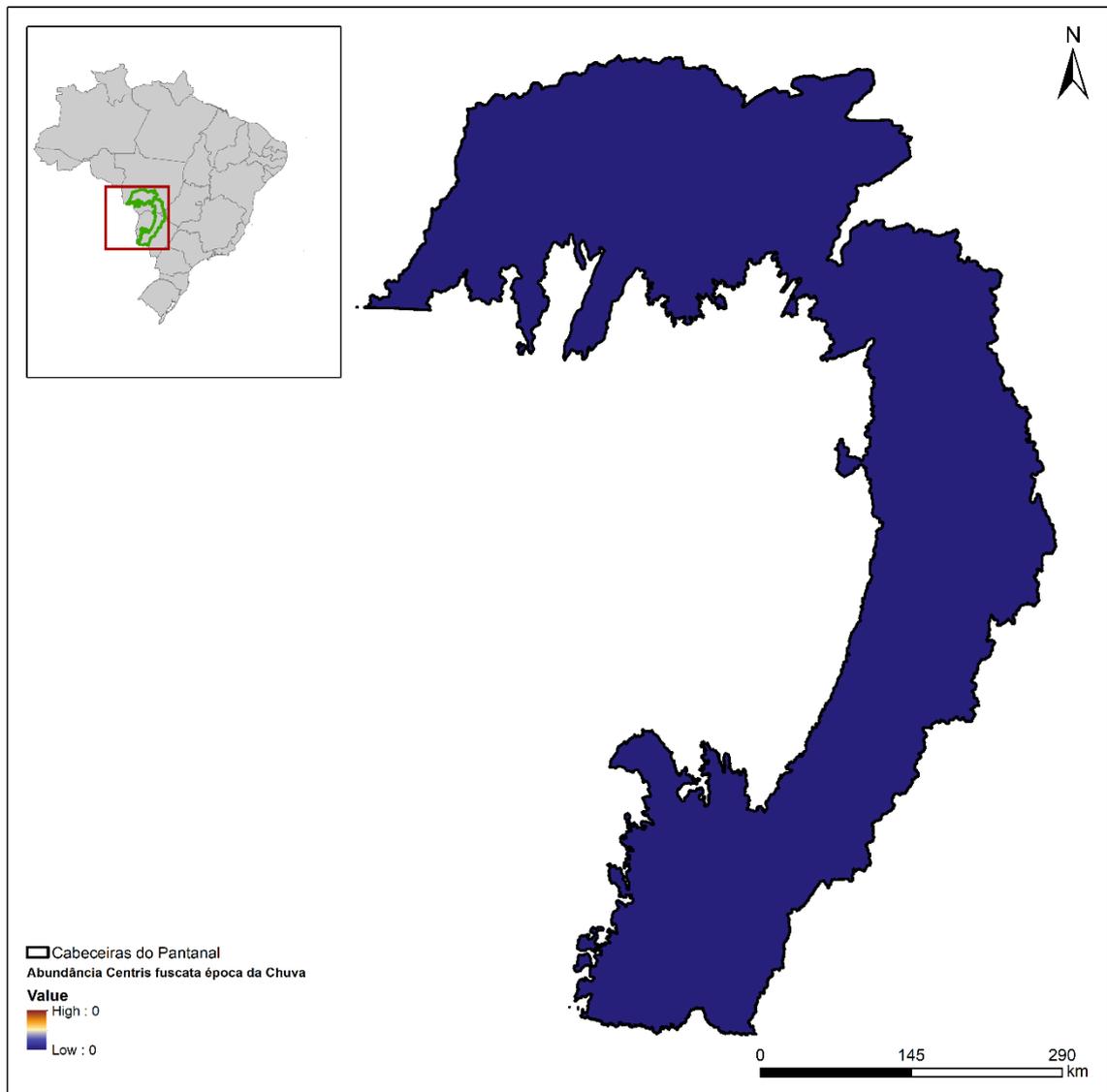
Anexo 9: Abundância *Centris flavifrons* no período chuvoso nas Cabeceiras do Pantanal



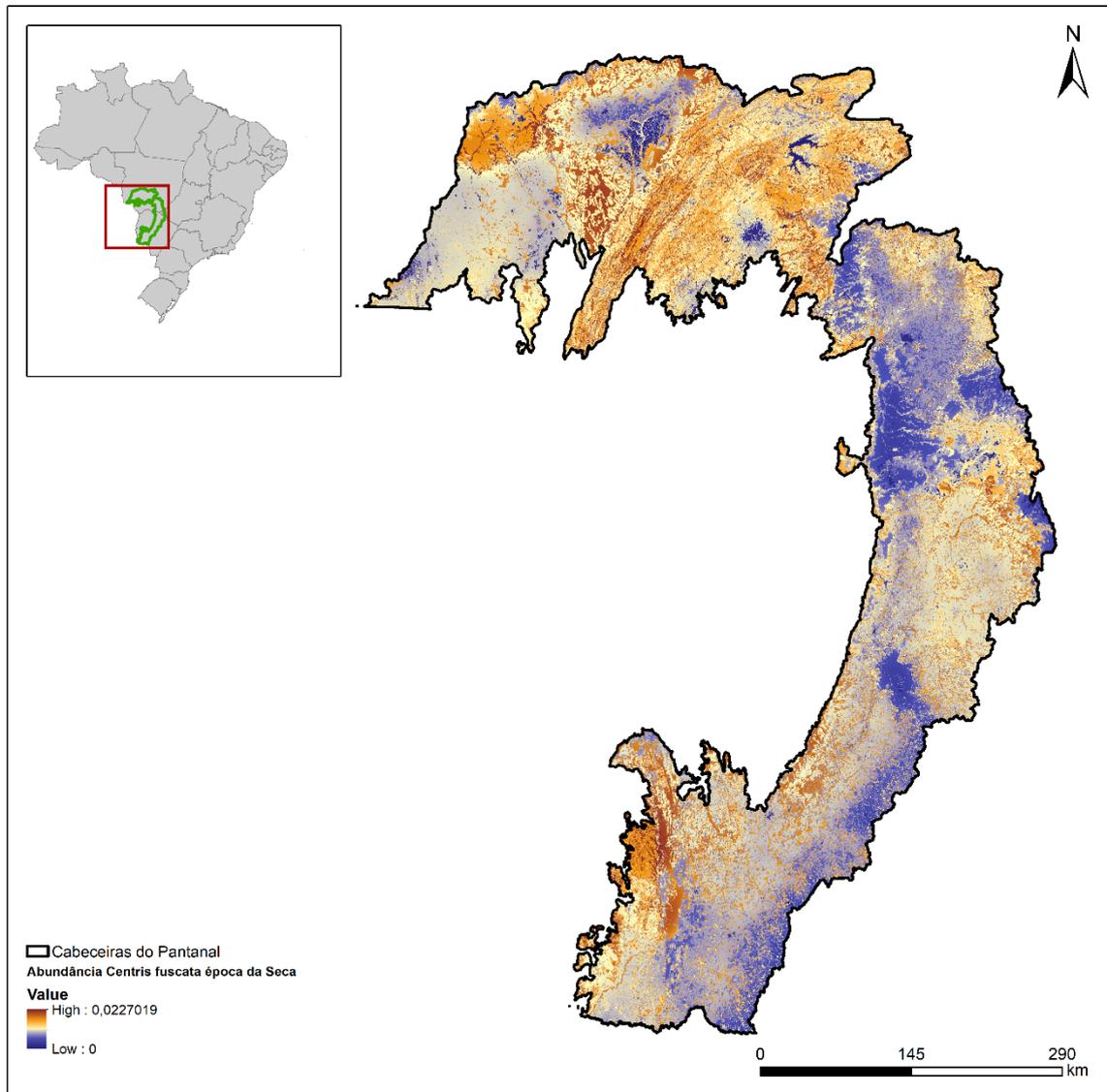
Anexo 10: Abundância *Centris flavifrons* no período seco nas Cabeceiras do Pantanal



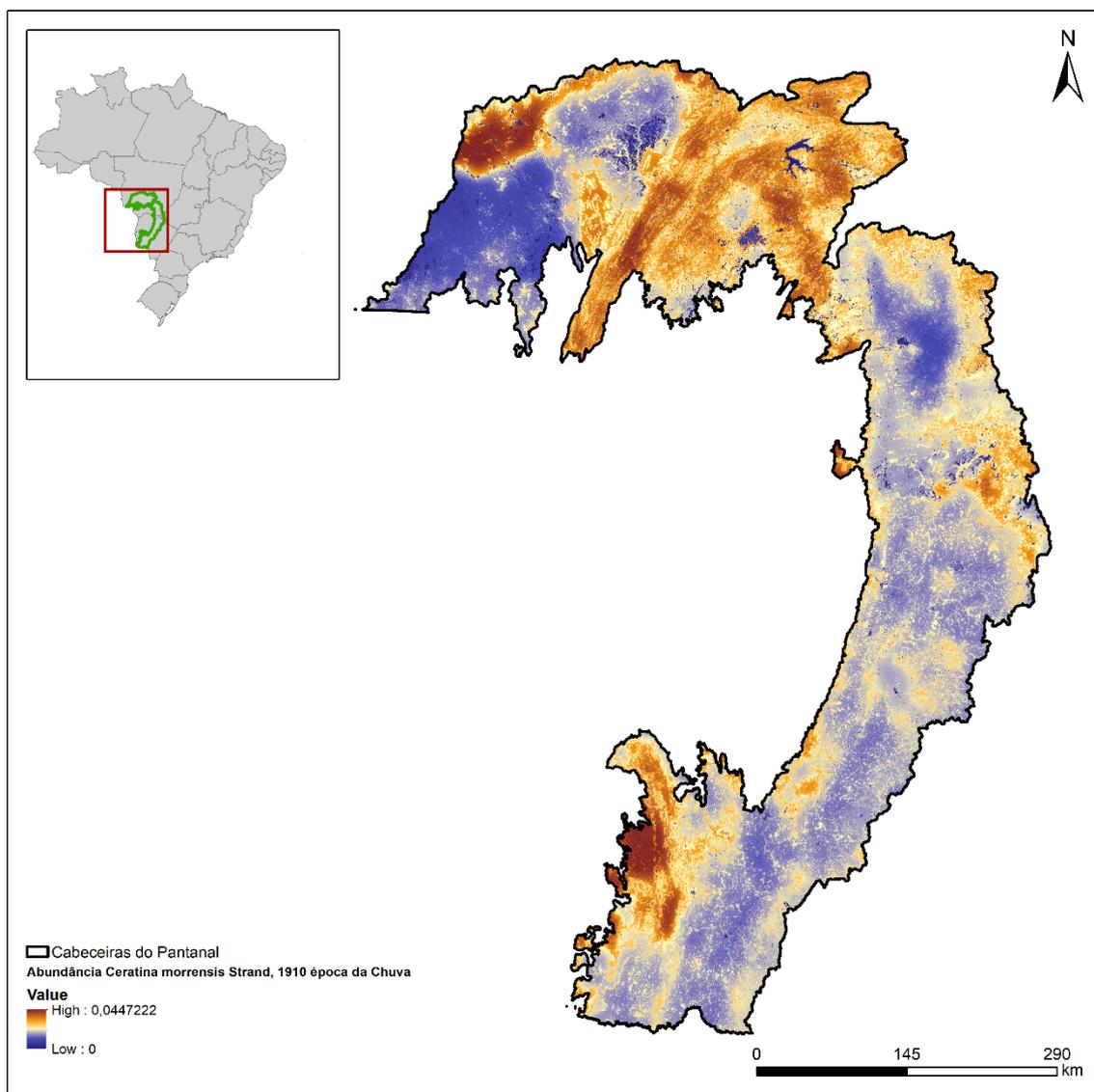
Anexo 11: Abundância *Centris fuscata* no período chuvoso nas Cabeceiras do Pantanal



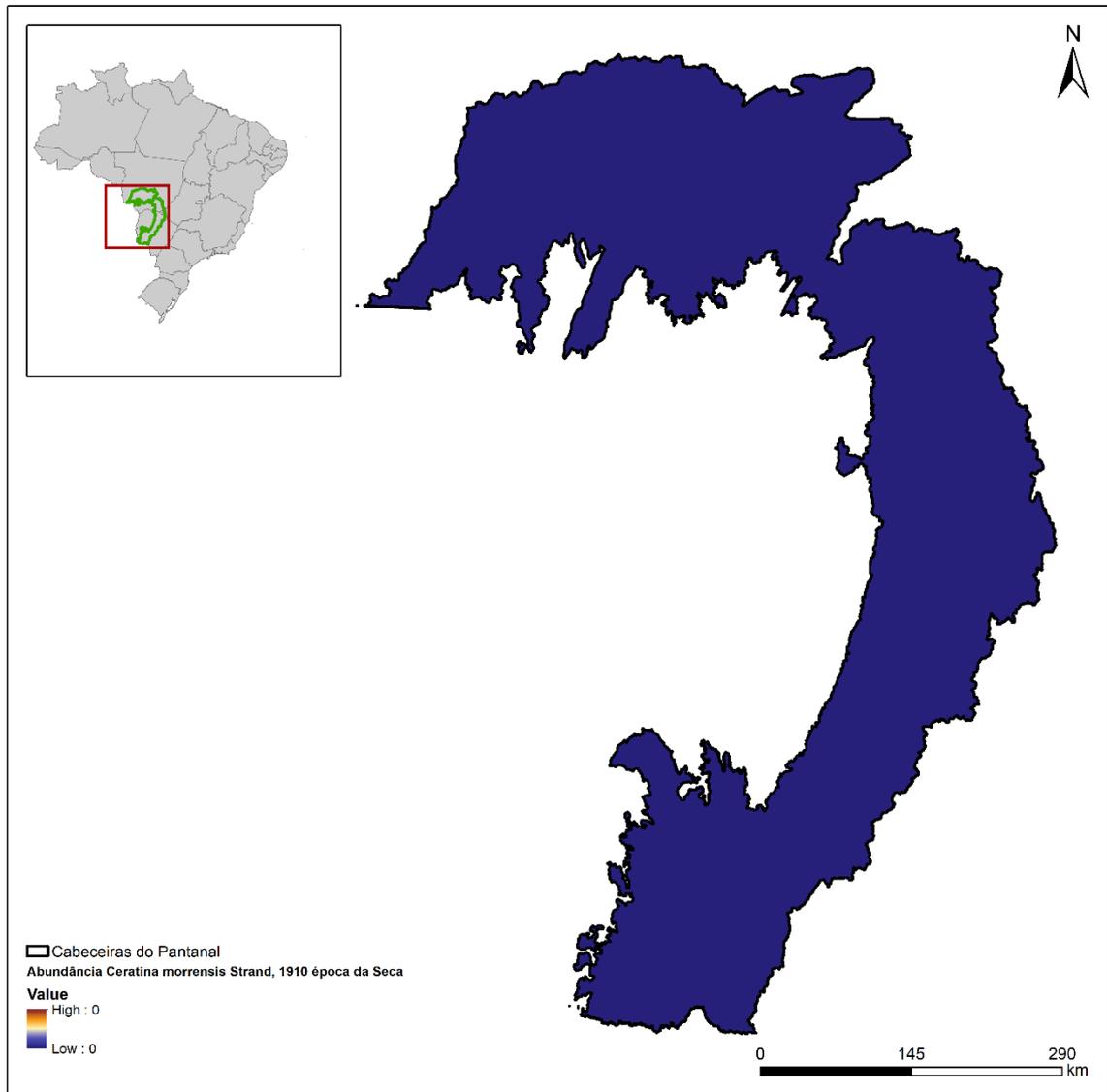
Anexo 12: Abundância *Centris fuscata* no período seco nas Cabeceiras do Pantanal



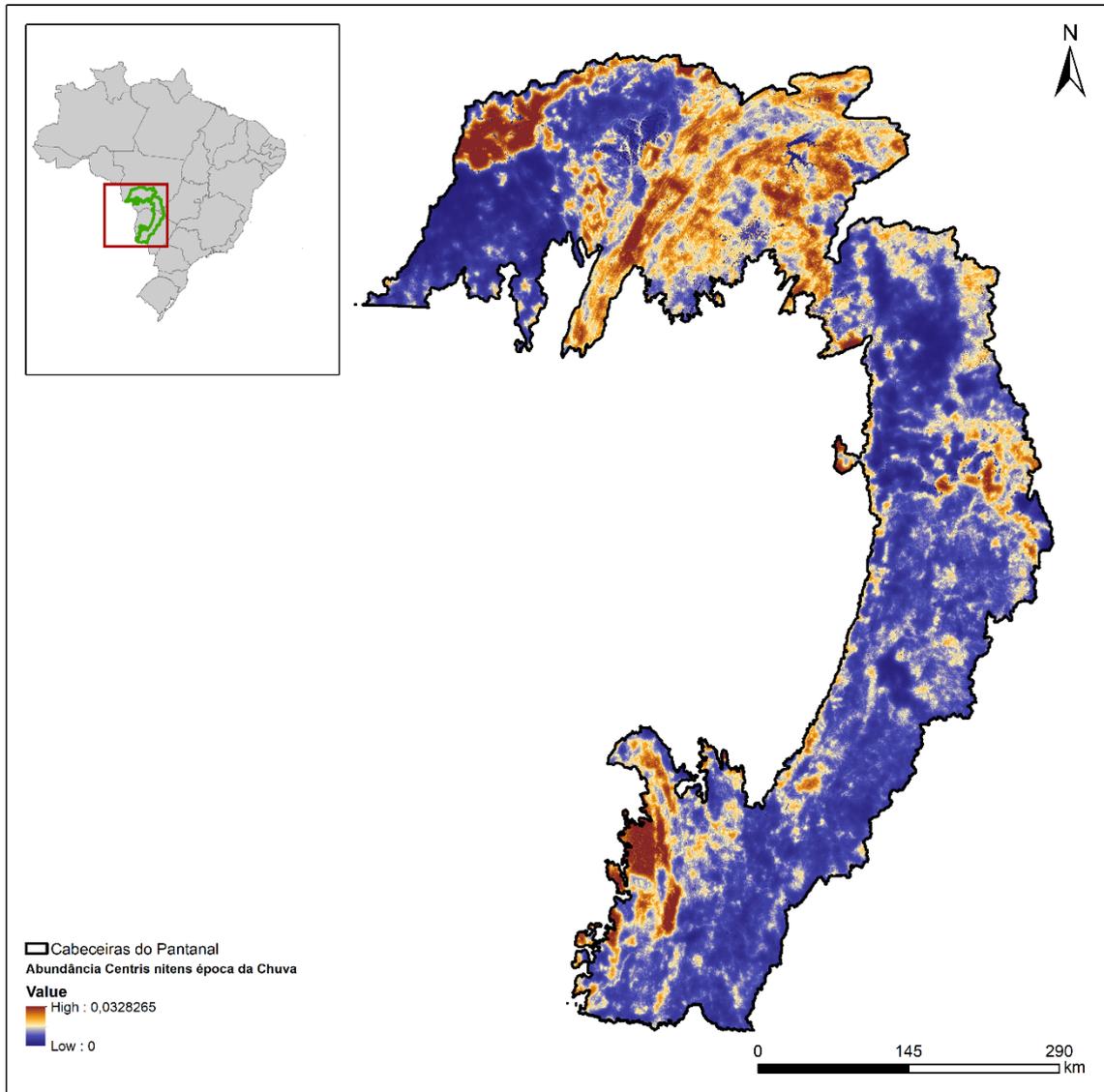
Anexo 13: Abundância *Centris morrensis* Strand, 1910 no período chuvoso nas Cabeceiras do Pantanal



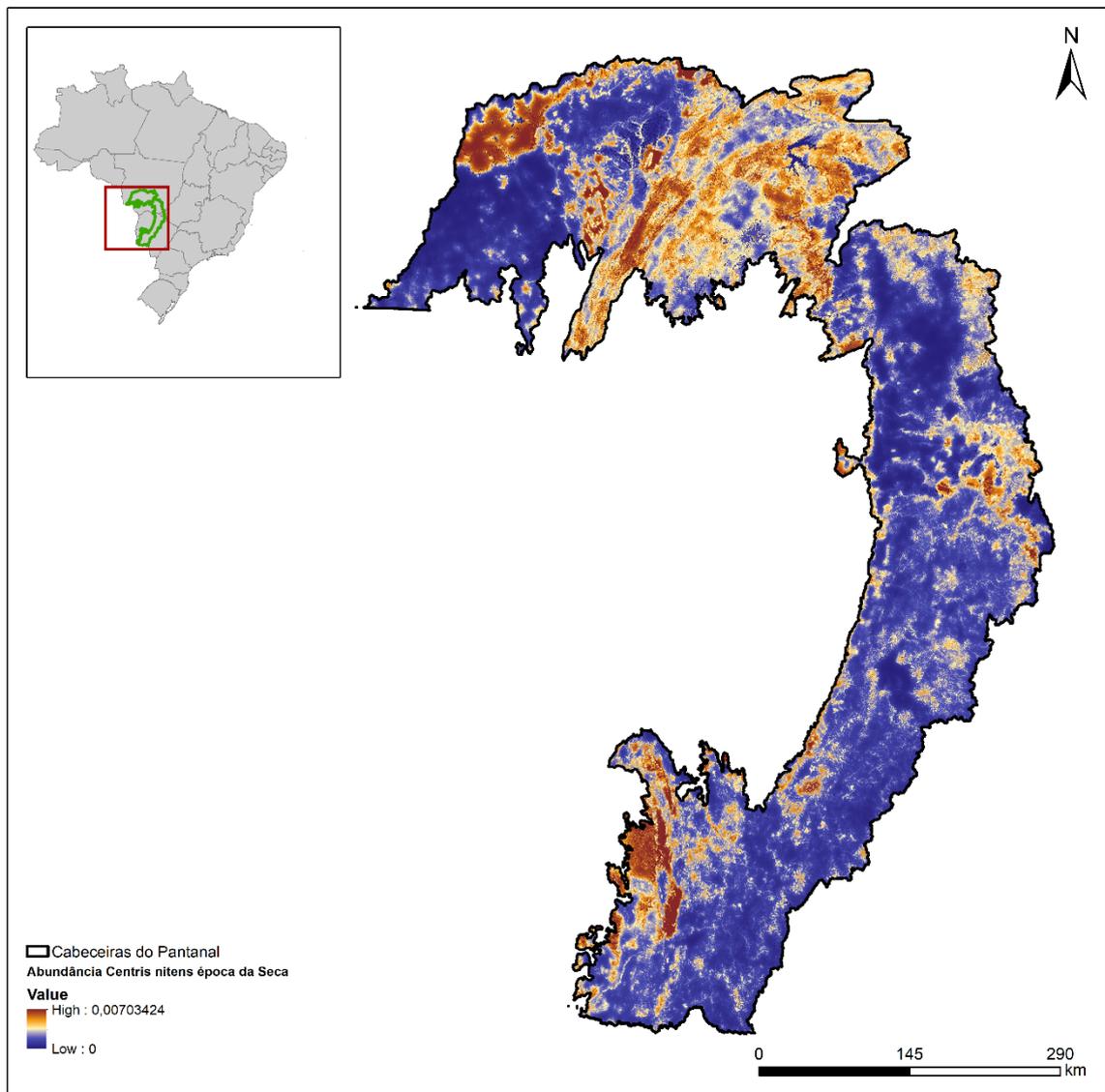
Anexo 14: Abundância *Centris morrensis* Strand, 1910 no período seco nas Cabeceiras do Pantanal



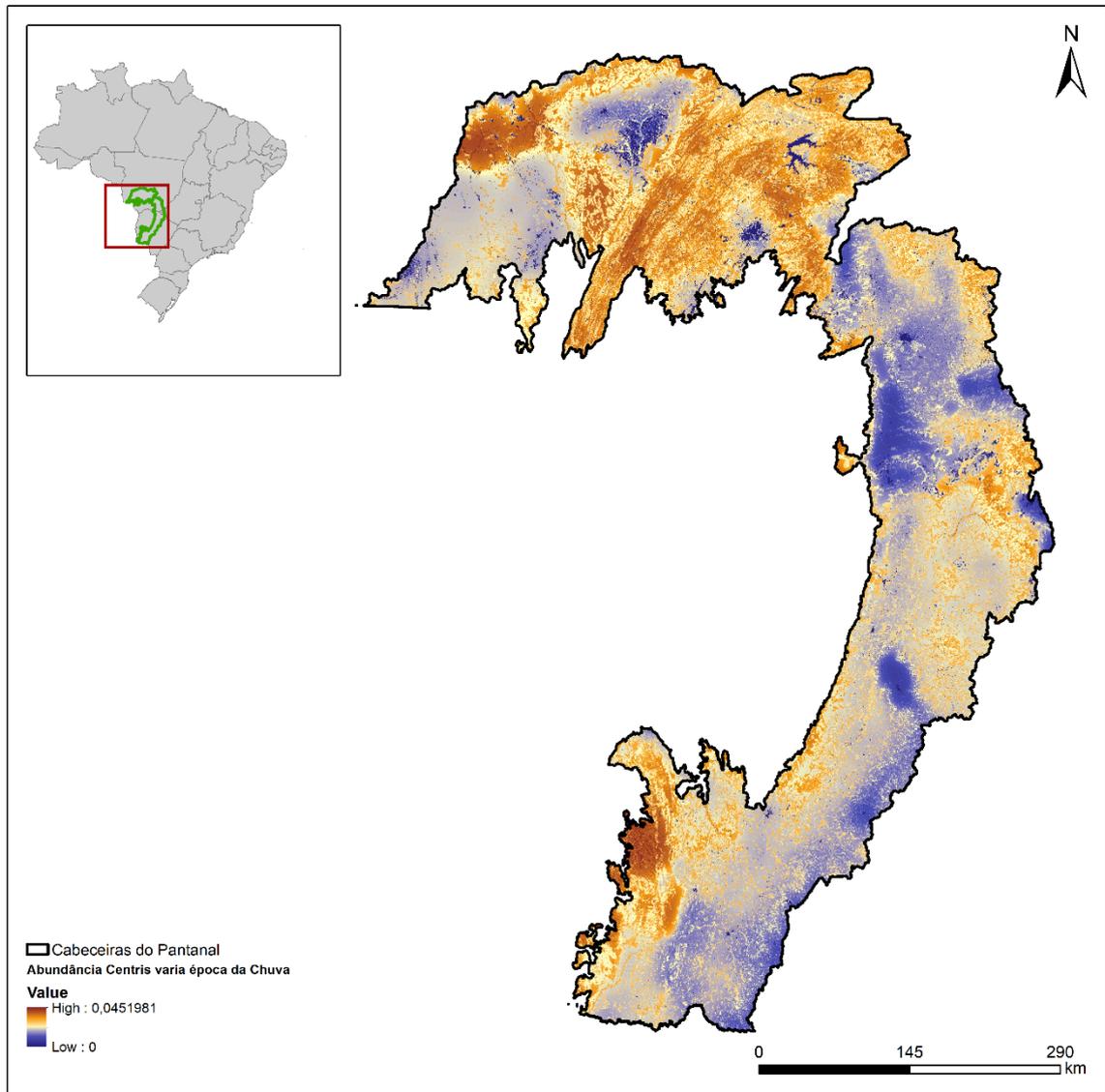
Anexo 15: Abundância *Centris nitens* no período chuvoso nas Cabeceiras do Pantanal



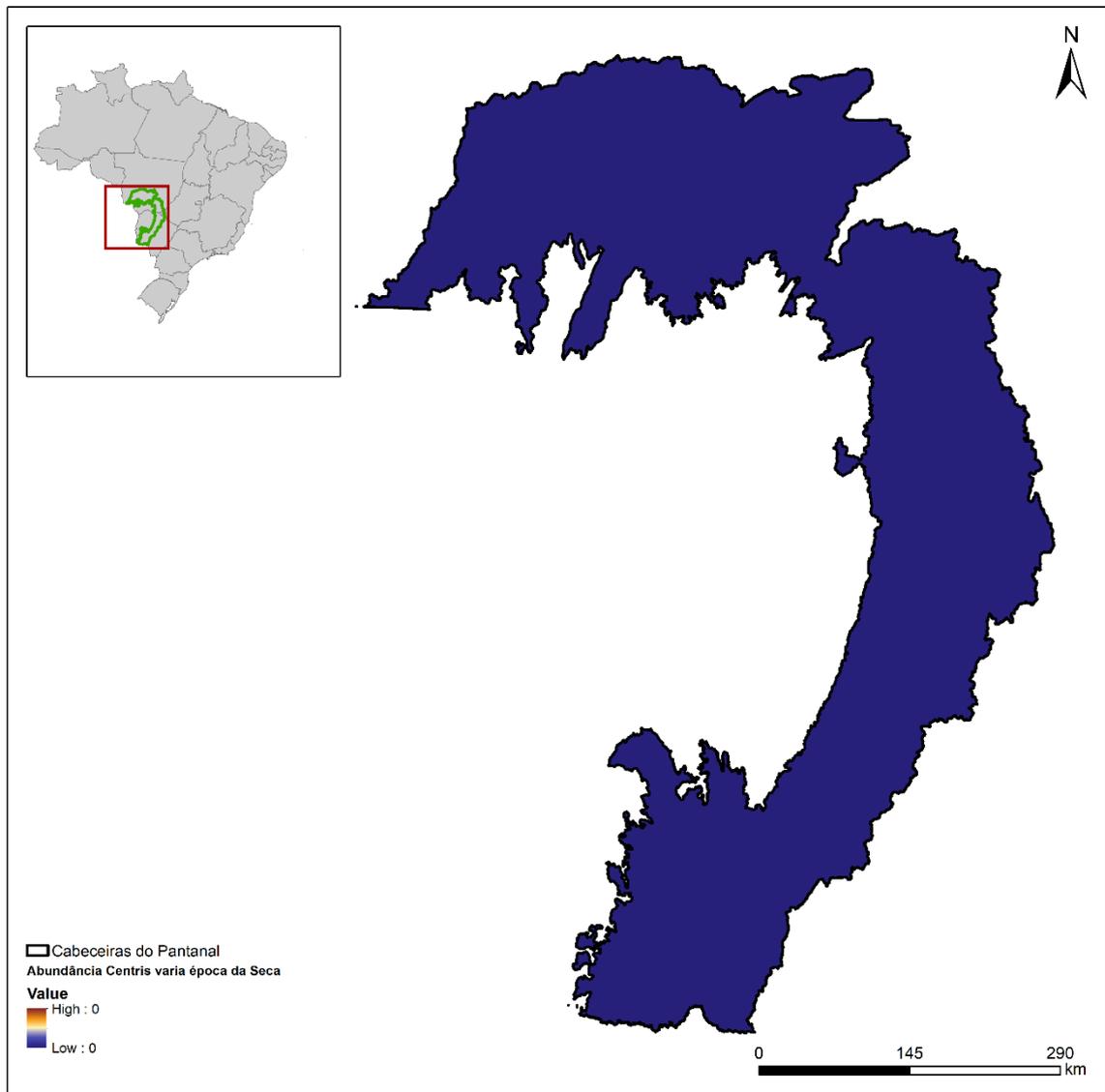
Anexo 16: Abundância *Centris nitens* no período seco nas Cabeceiras do Pantanal



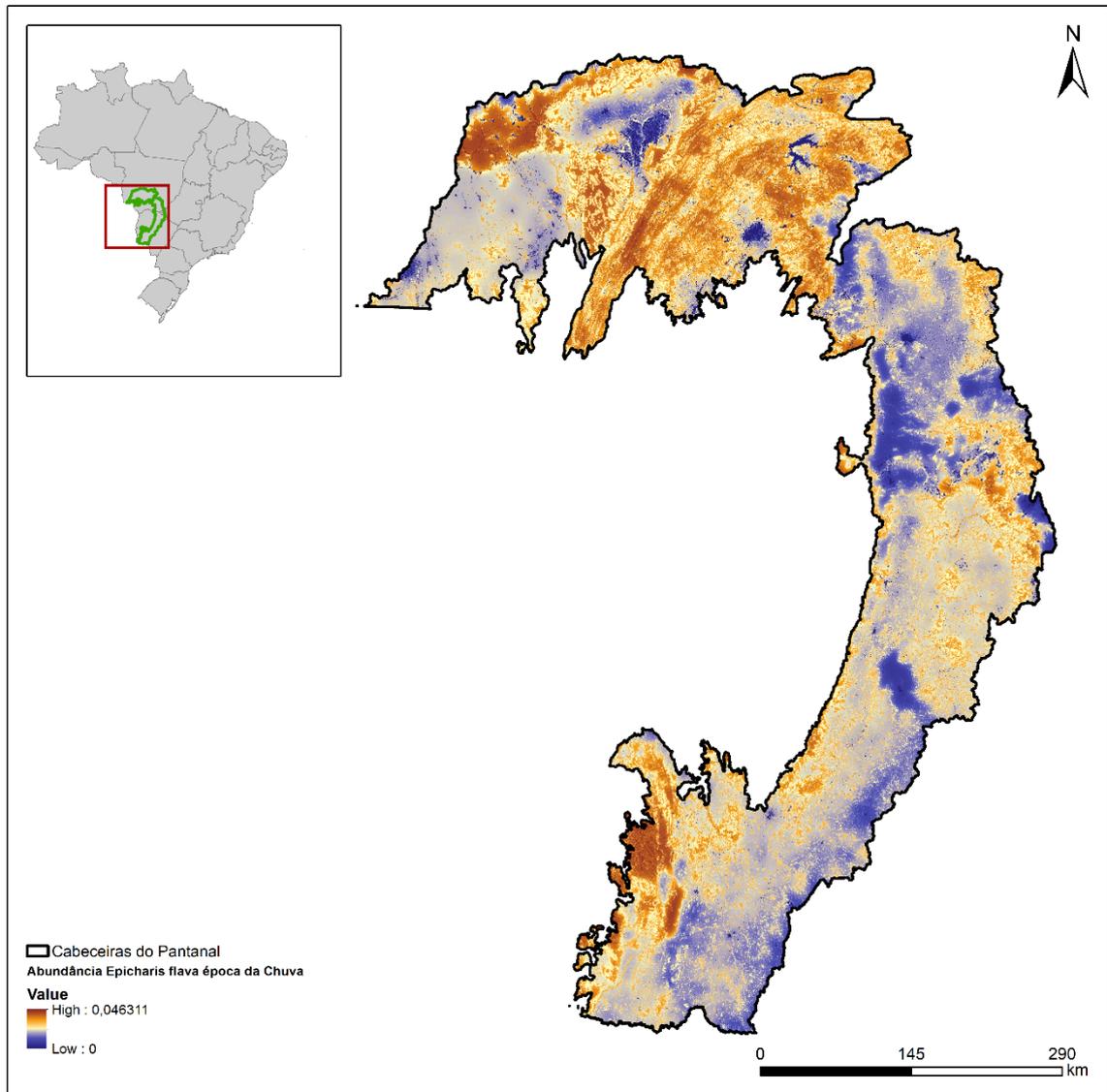
Anexo 17: Abundância Centris no período chuvoso nas Cabeceiras do Pantanal



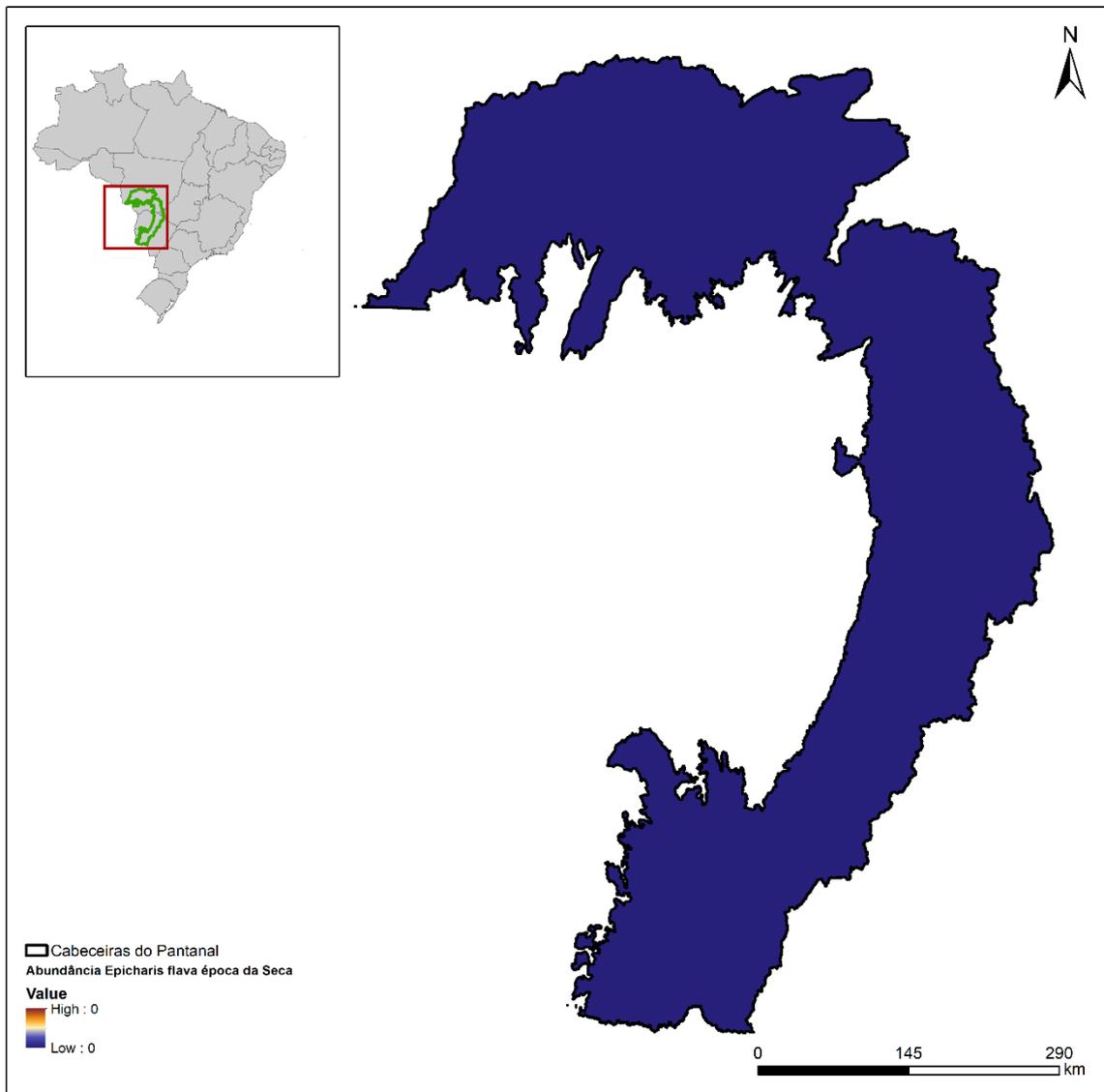
Anexo 18: Abundância *Centris varia* no período seco nas Cabeceiras do Pantanal



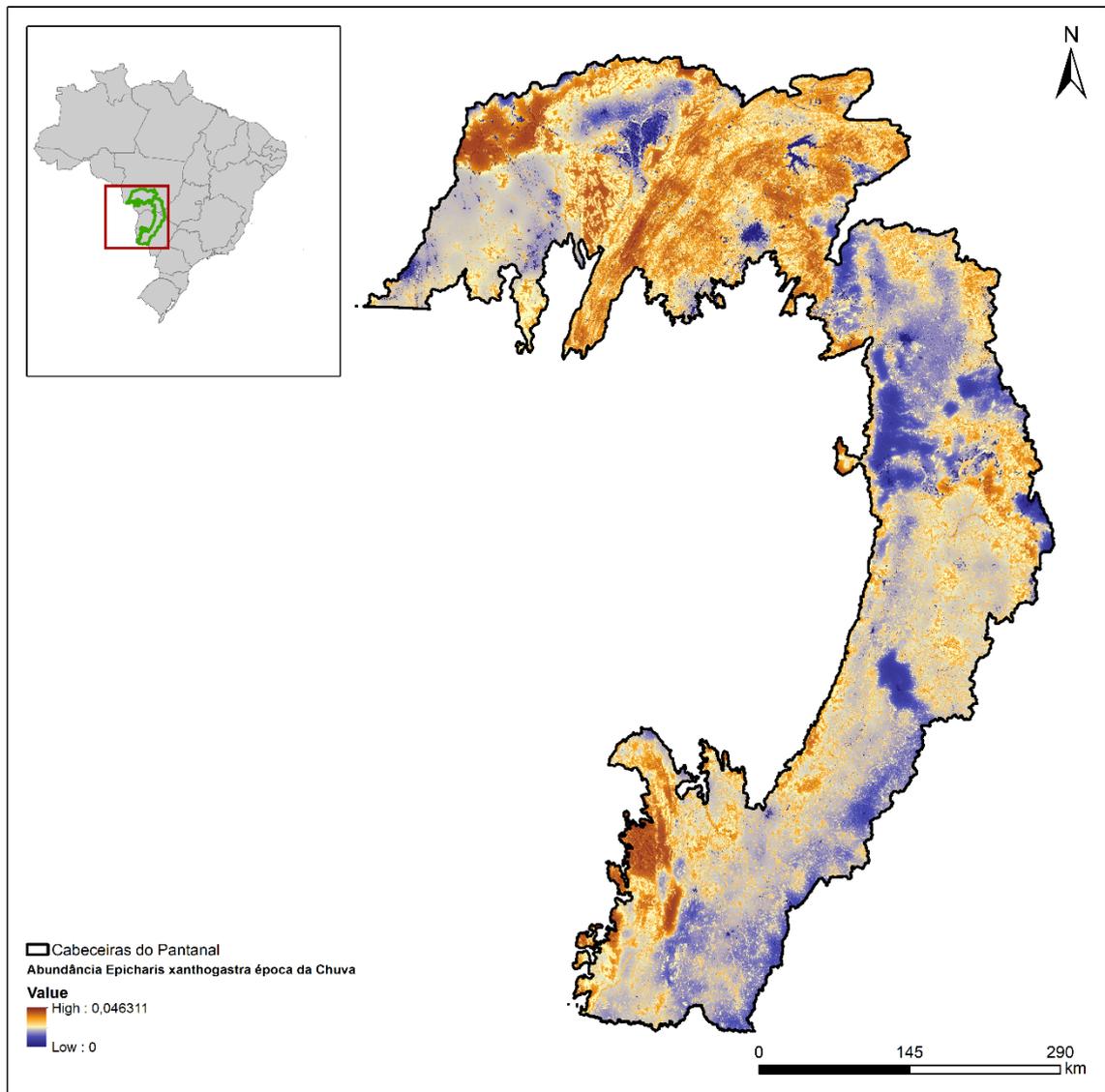
Anexo 19: Abundância *Epicharis flava* no período chuvoso nas Cabeceiras do Pantanal



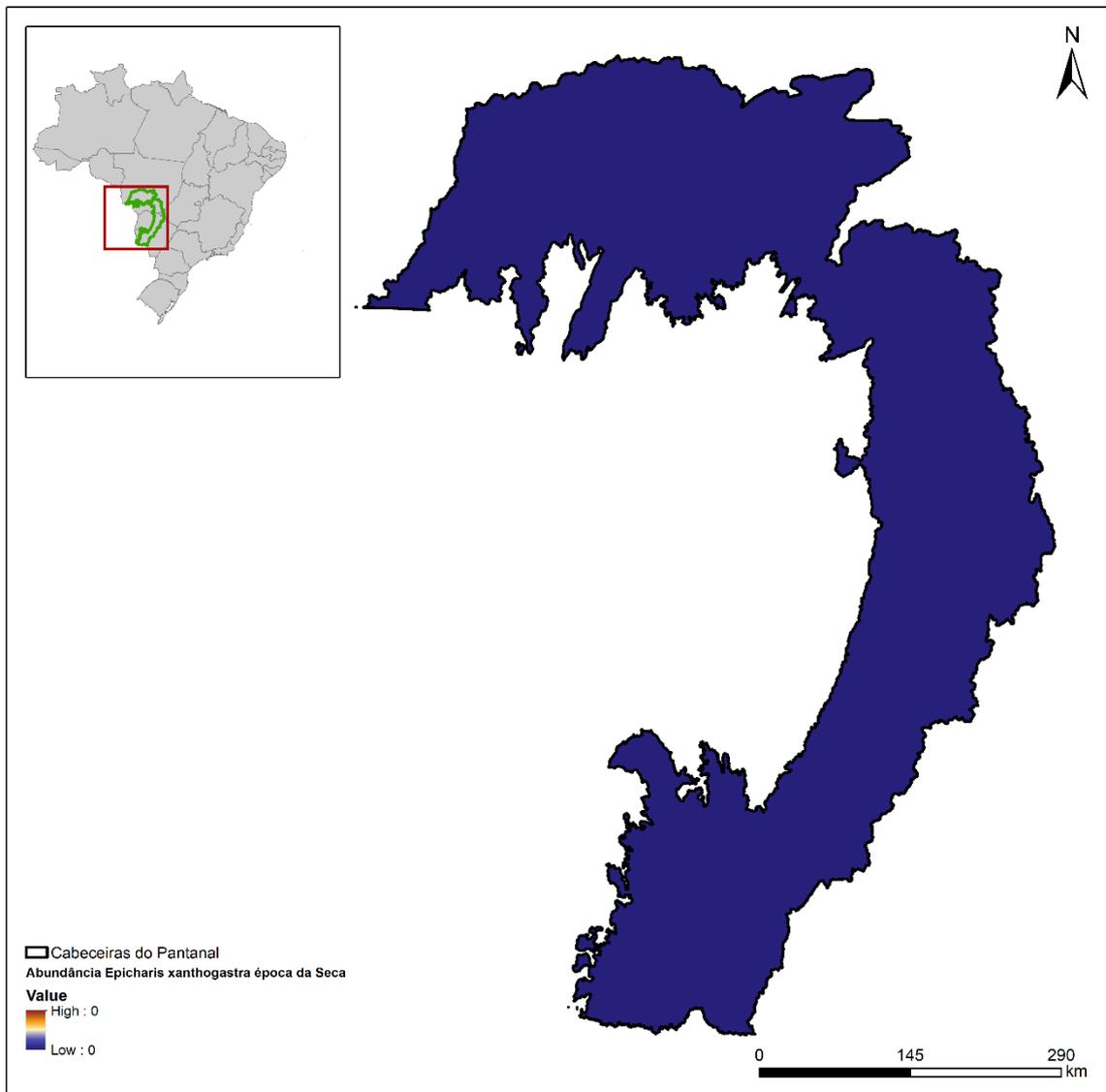
Anexo 20: Abundância *Epicharis flava* no período seco nas Cabeceiras do Pantanal



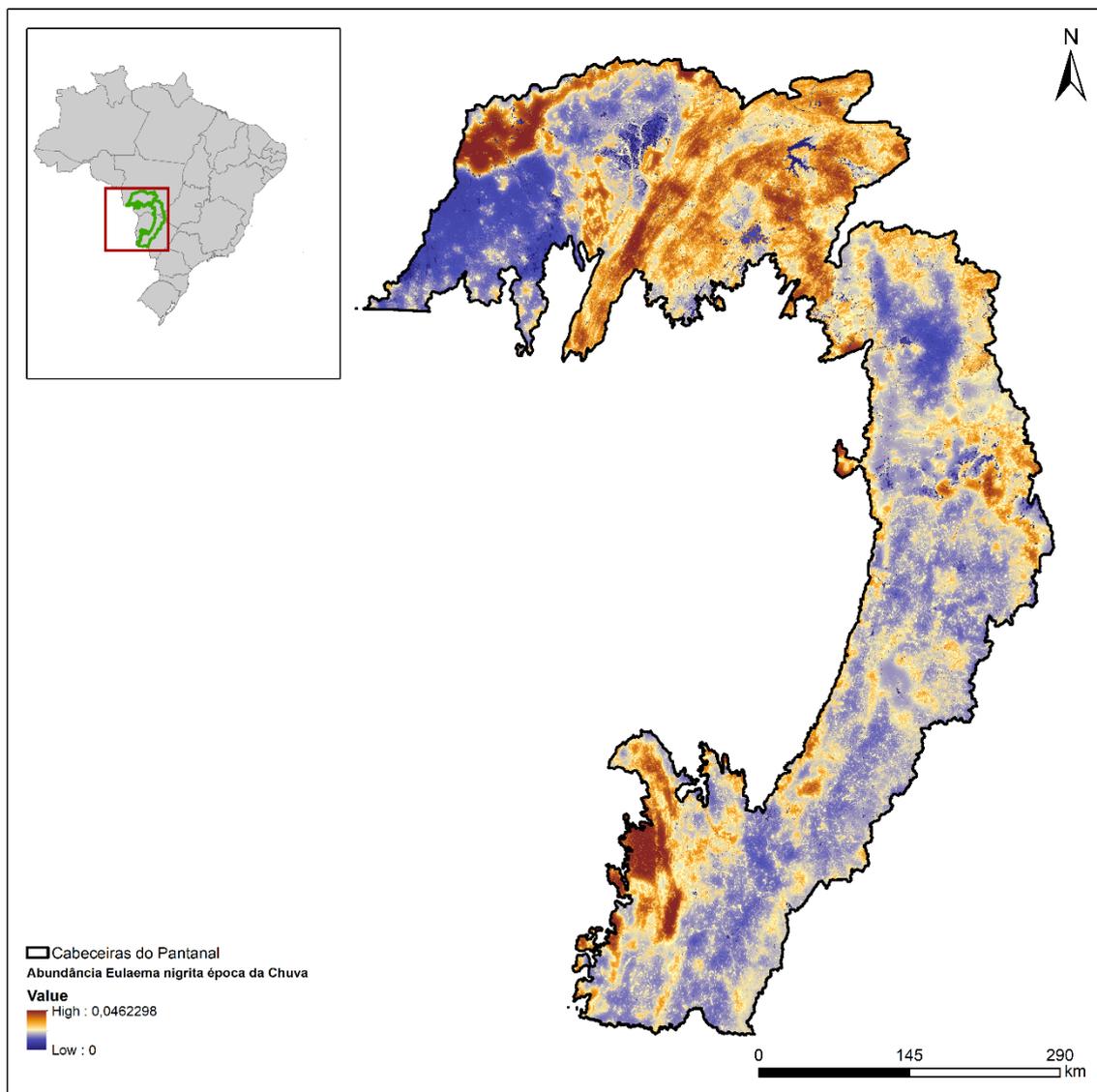
Anexo 21: Abundância *Epicharis xanthogastra* no período chuvoso nas Cabeceiras do Pantanal



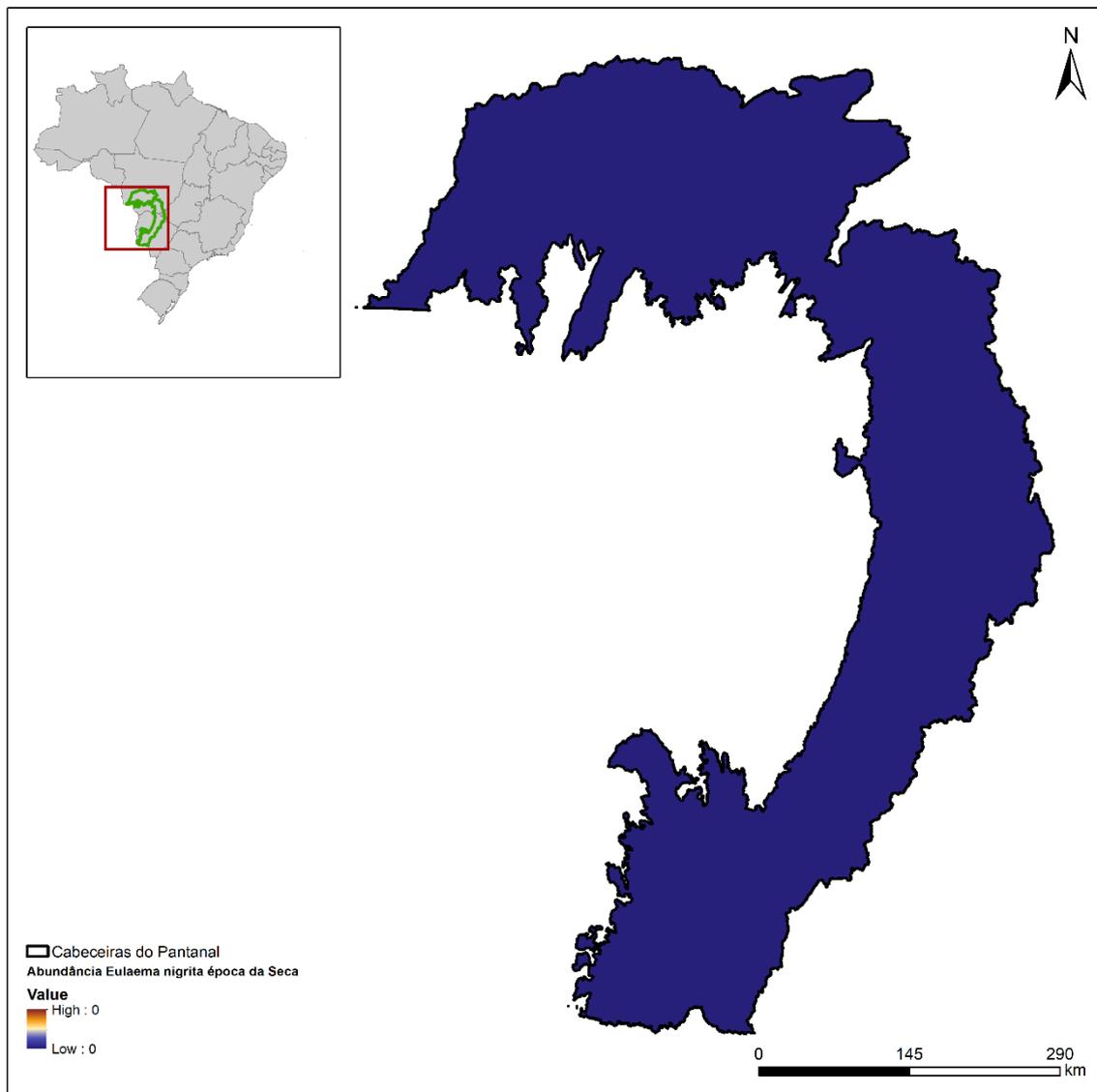
Anexo 22: Abundância *Epicharis xanthogastra* no período seco nas Cabeceiras do Pantanal



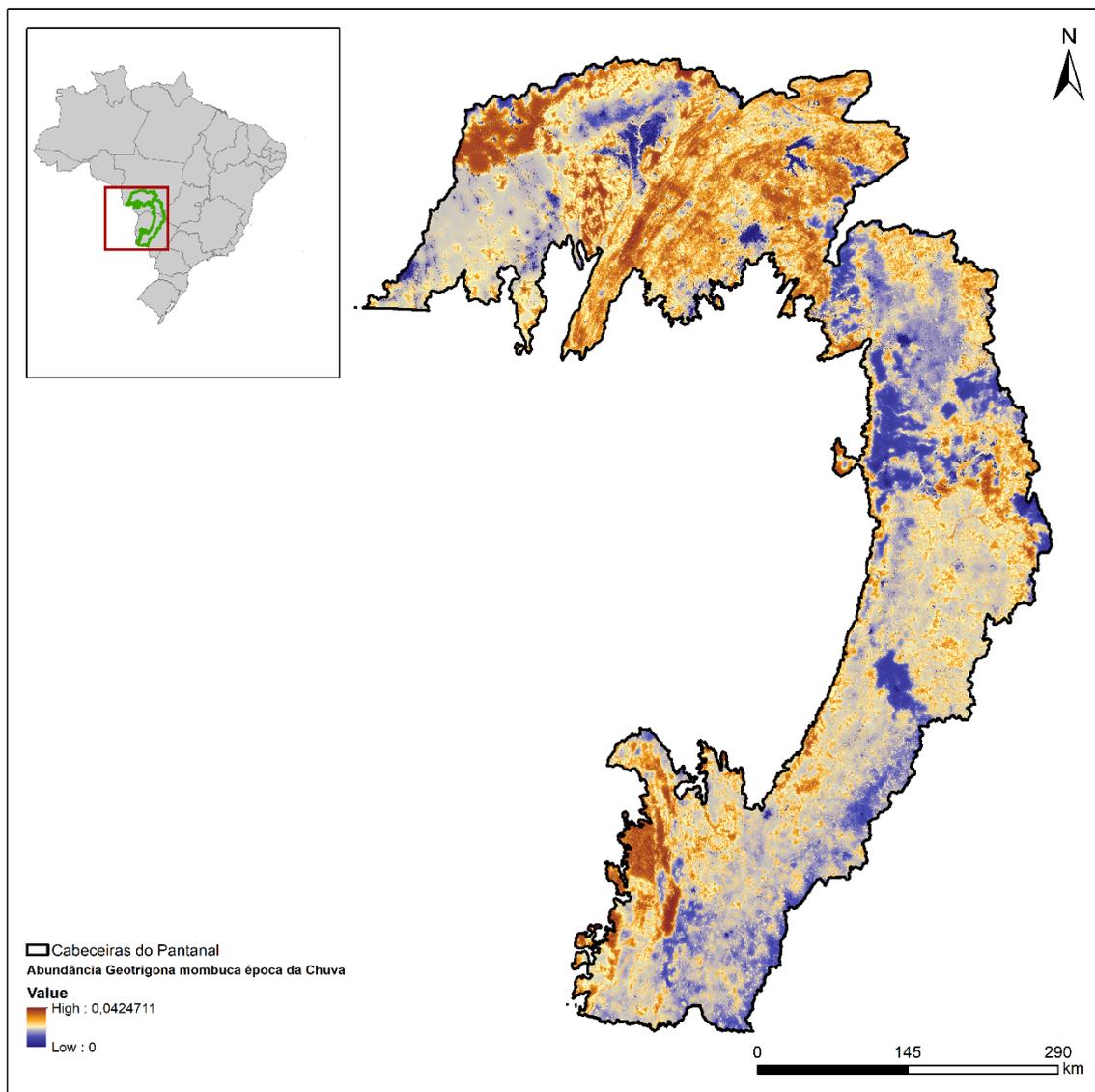
Anexo 23: Abundância *Eulaema nigrita* no período chuvoso nas Cabeceiras do Pantanal



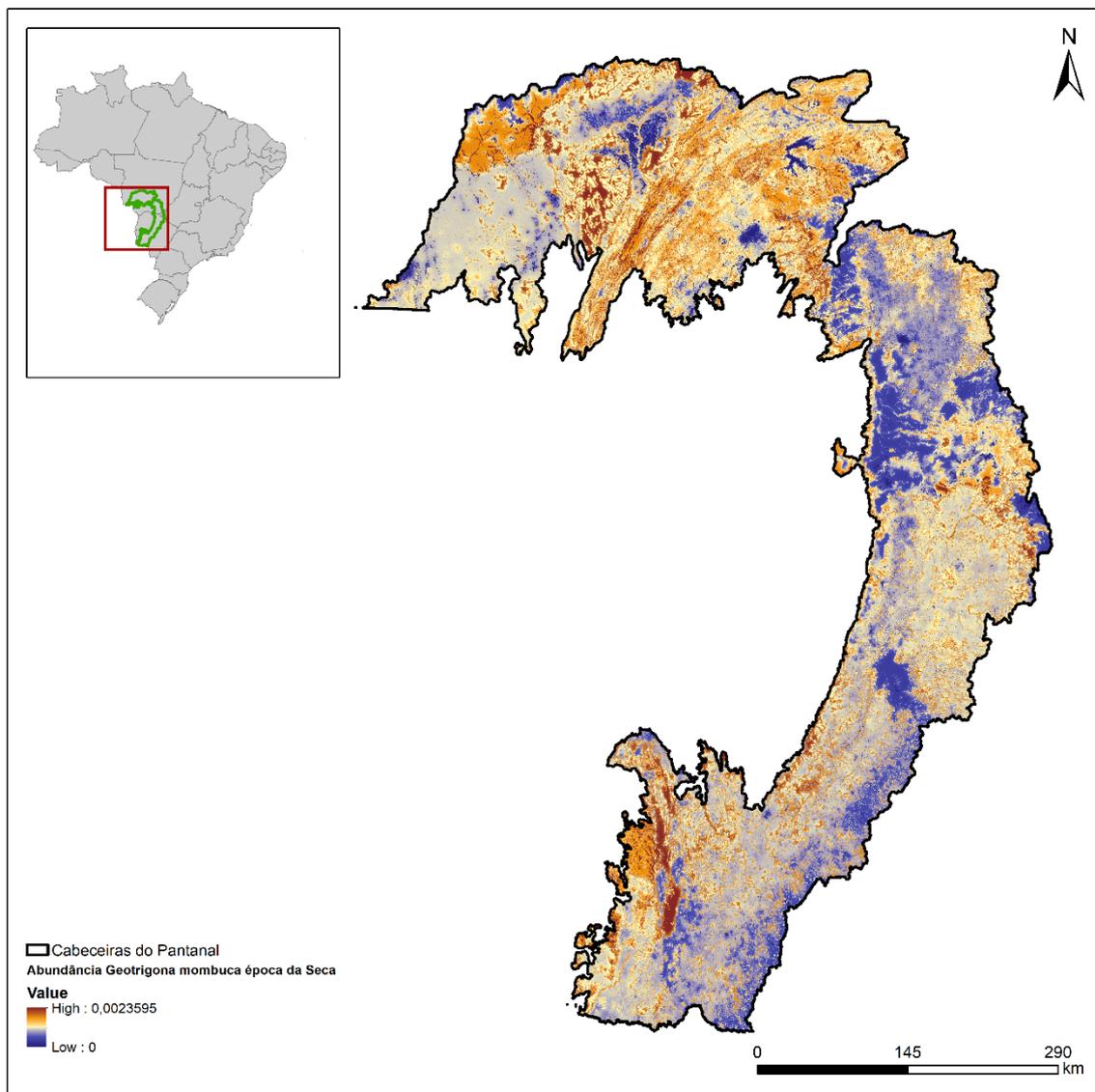
Anexo 24: Abundância *Eulaema nigrita* no período seco nas Cabeceiras do Pantanal



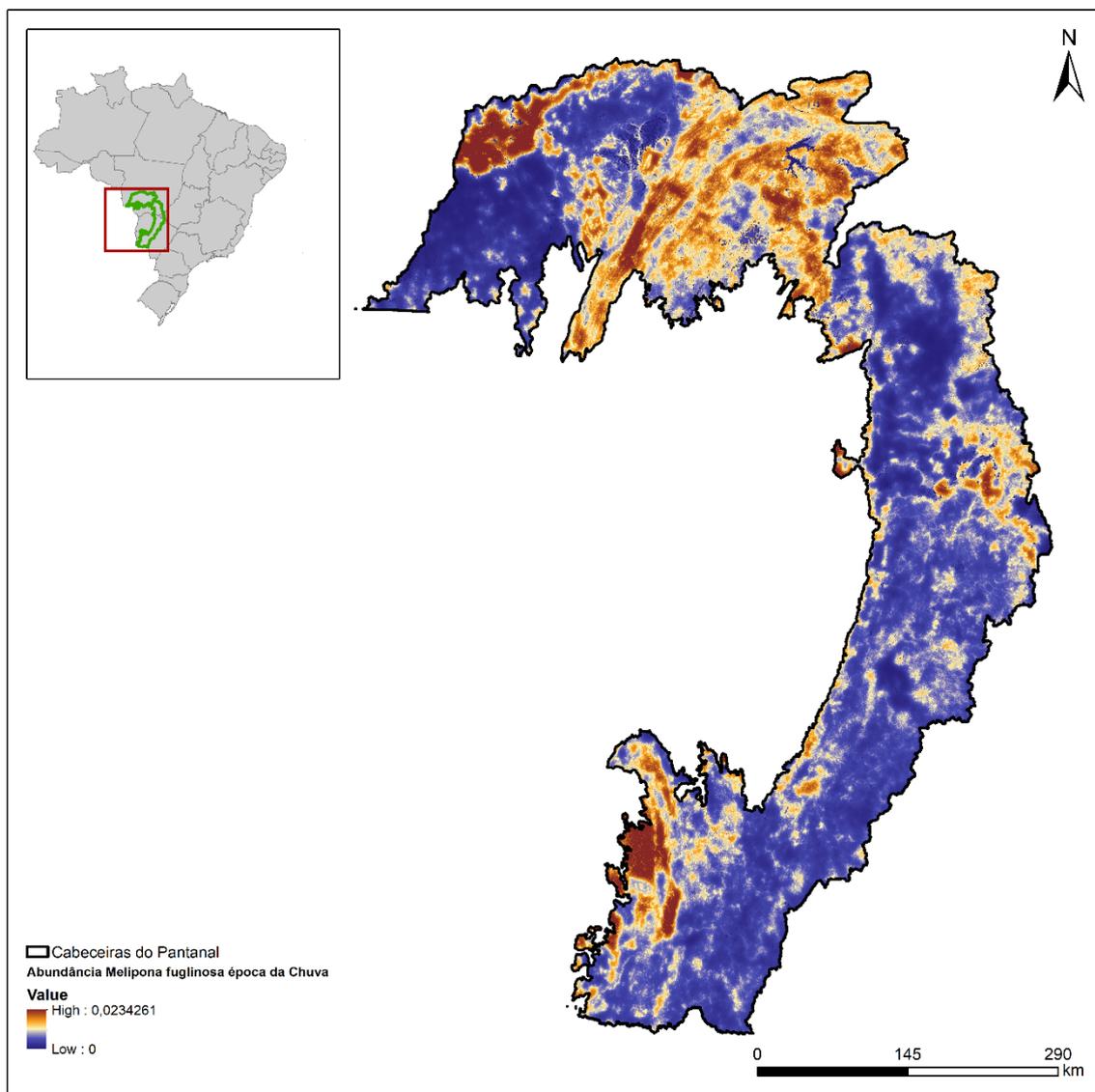
Anexo 25: Abundância *Geotrigona mombuca* no período chuvoso nas Cabeceiras do Pantanal



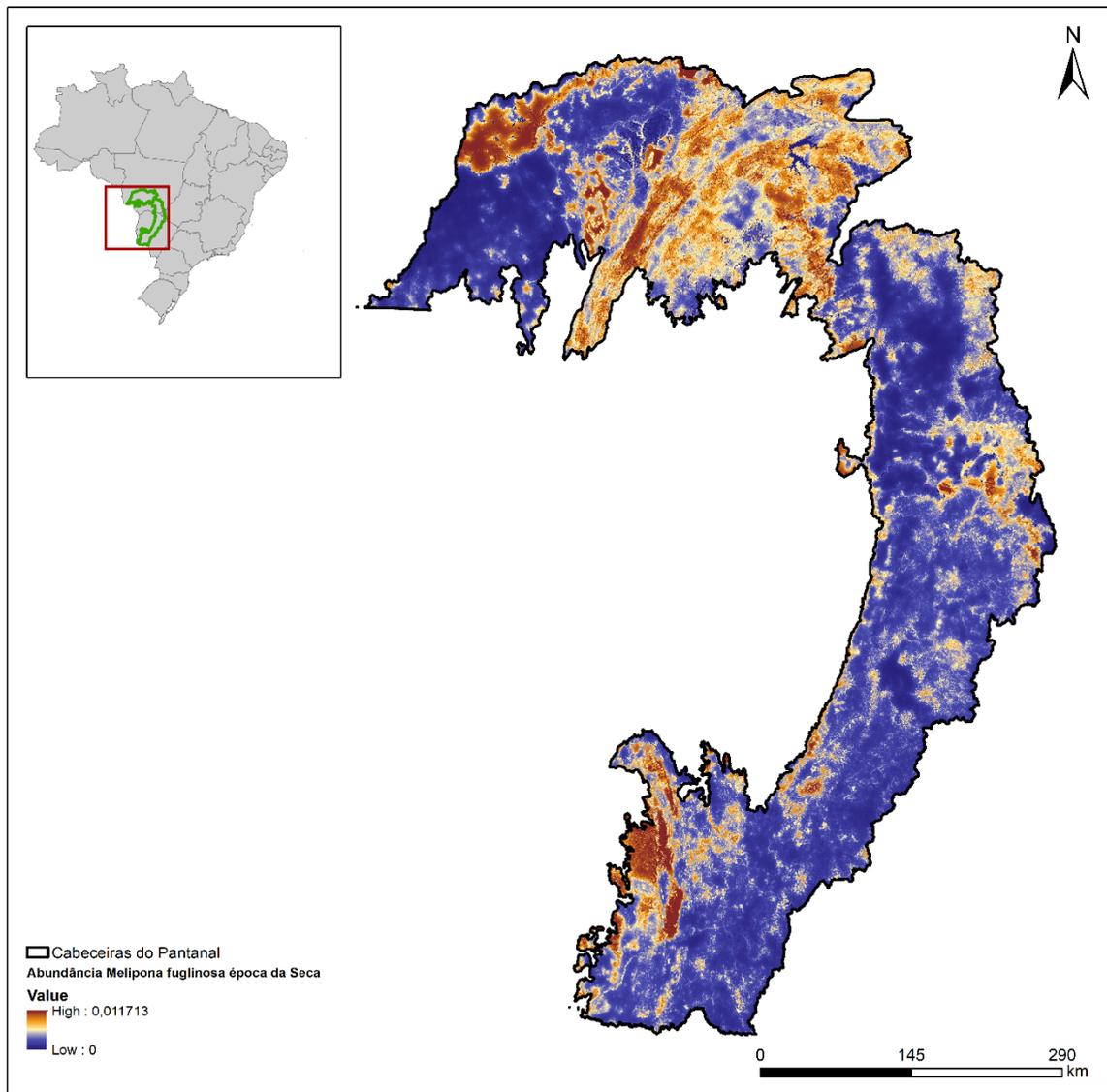
Anexo 26: Abundância *Geotrigona mombuca* no período seco nas Cabeceiras do Pantanal



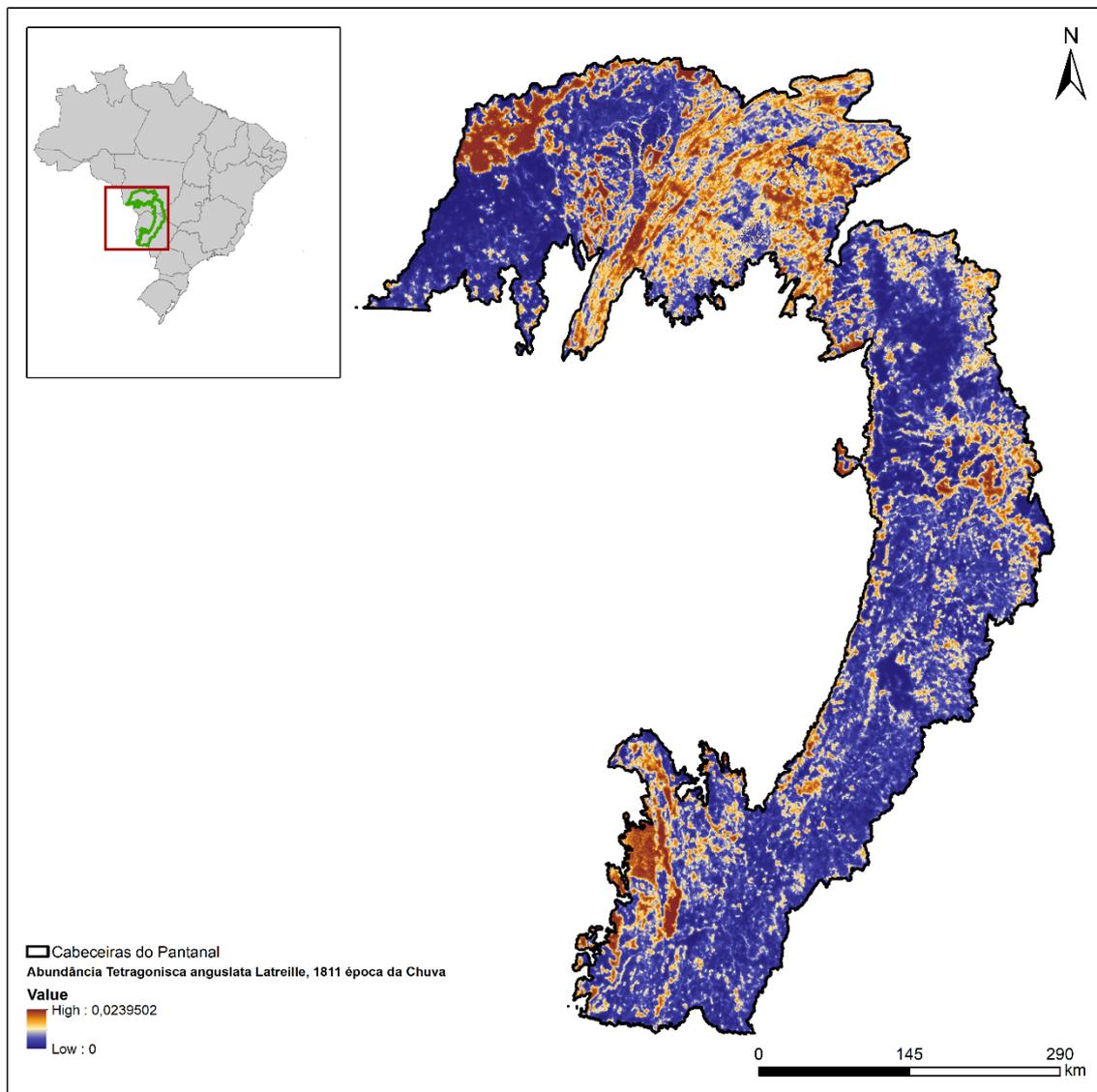
Anexo 27: Abundância *Melipona fuginosa* no período chuvoso nas Cabeceiras do Pantanal



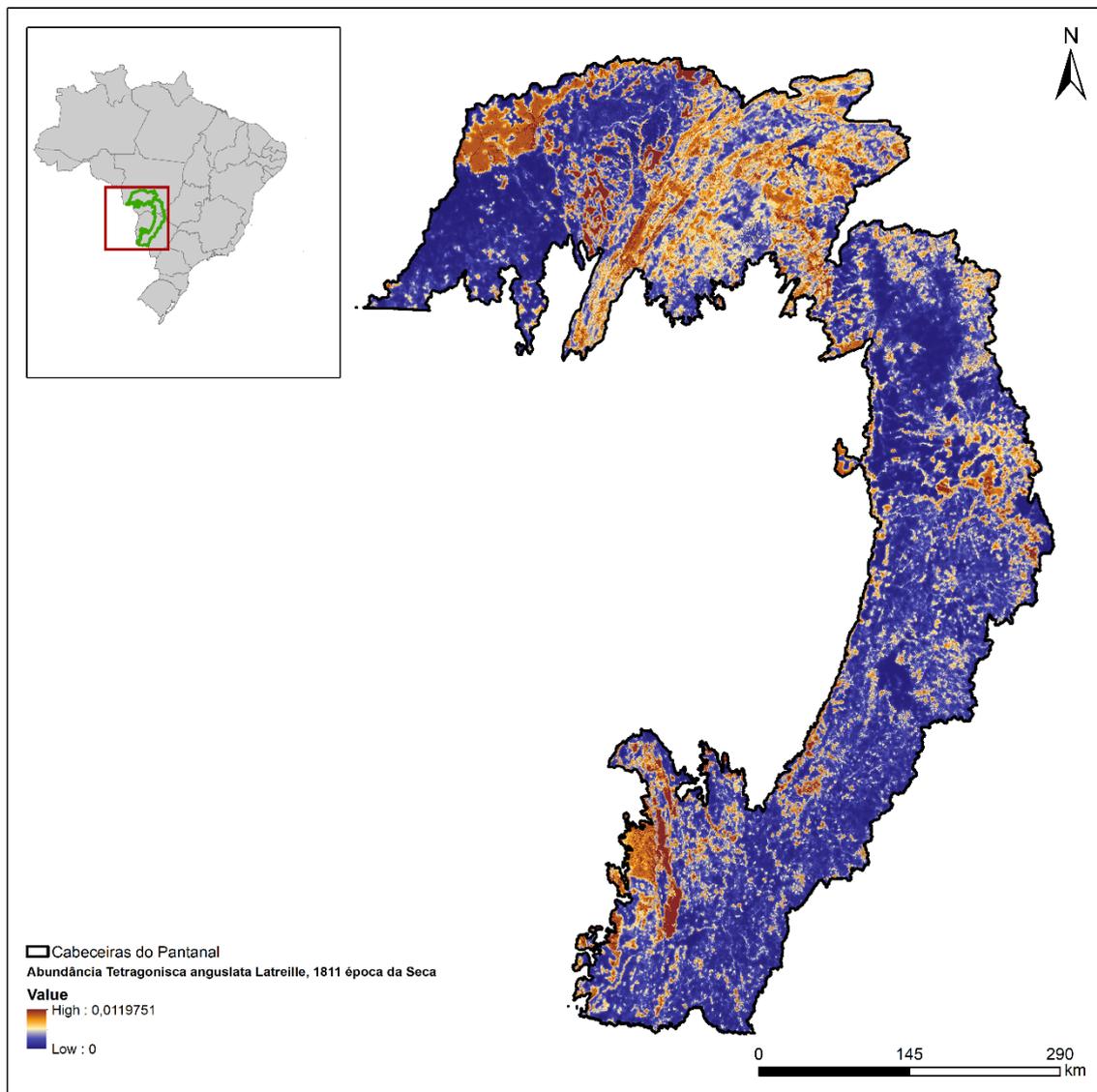
Anexo 28: Abundância *Melipona fuginosa* no período seco nas Cabeceiras do Pantanal



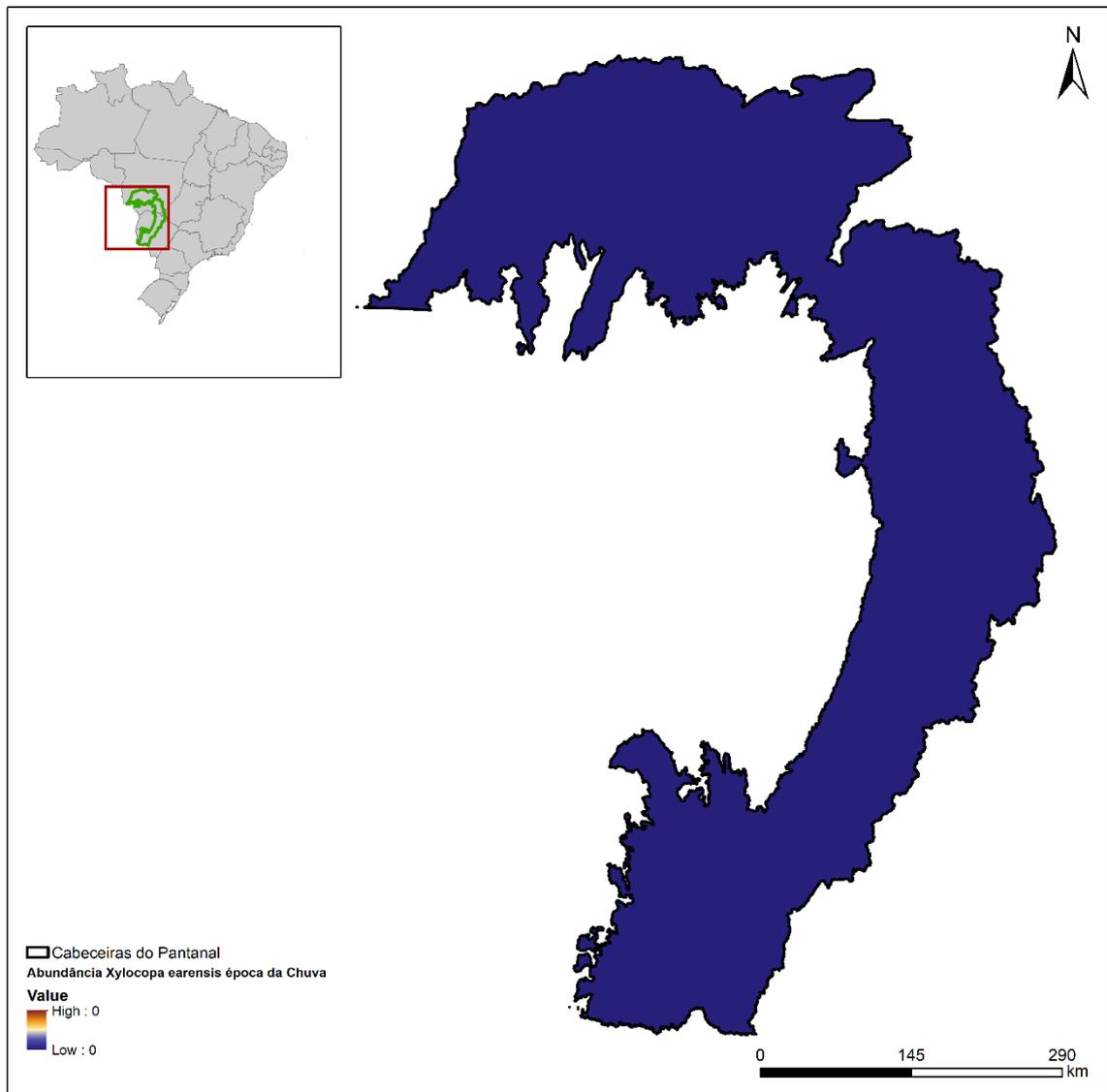
Anexo 29: Abundância *Tetragonisca angustata* Latrelle, 1811 no período chuvoso nas Cabeceiras do Pantanal



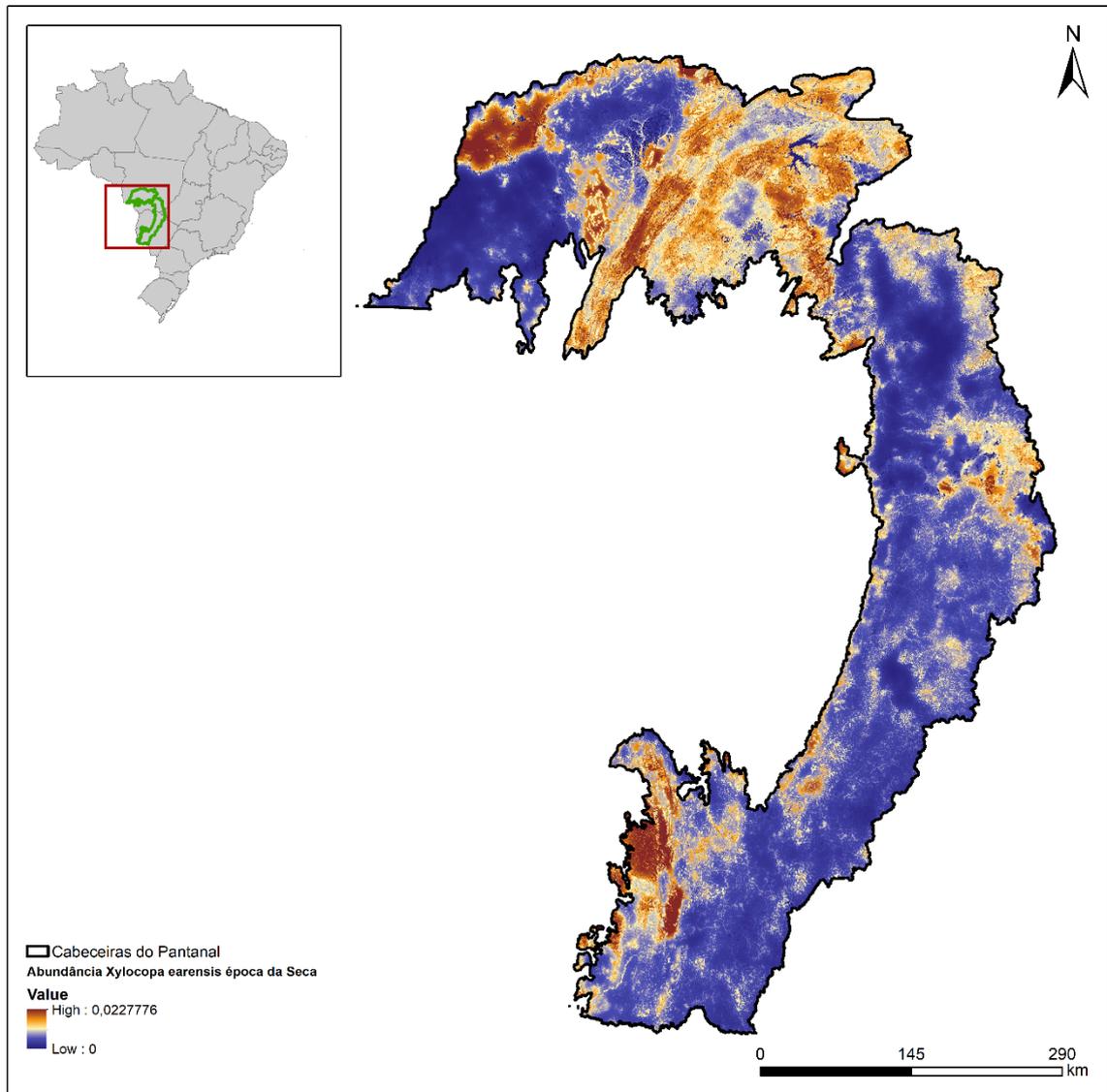
Anexo 30: Abundância *Tetragonisca angustata* Latrelle, 1811 no período seco nas Cabeceiras do Pantanal



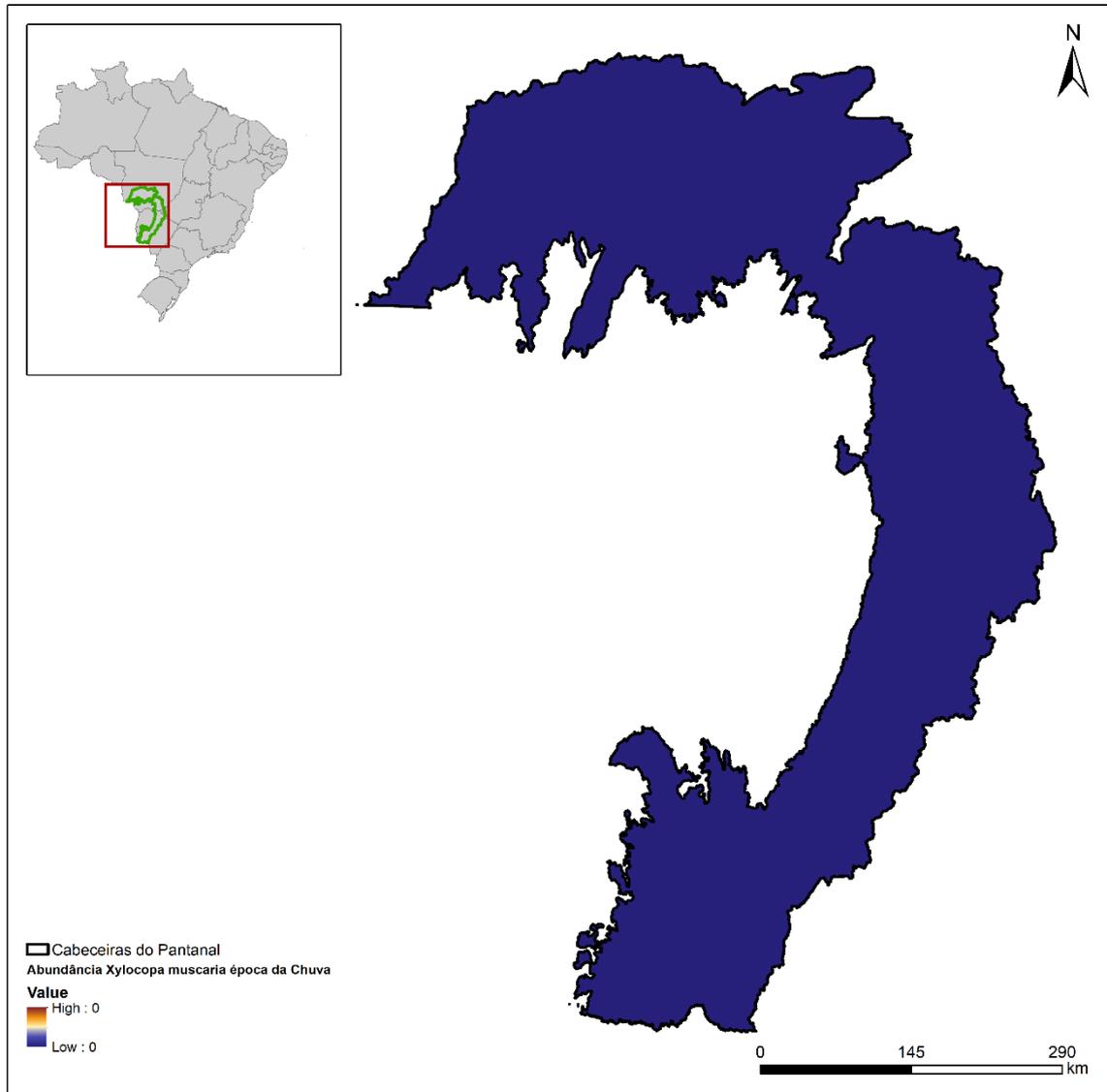
Anexo 31: Abundância *Xylocopa earensis* no período chuvoso nas Cabeceiras do Pantanal



Anexo 32: Abundância *Xylocopa earensis* no período seco nas Cabeceiras do Pantanal



Anexo 33: Abundância *Xylocopa muscaria* no período chuvoso nas Cabeceiras do Pantanal



Anexo 34: Abundância *Xylocopa muscaria* no período seco nas Cabeceiras do Pantanal

