



Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>



A estrutura espacial e a fragmentação dos habitats na mesorregião Noroeste Goiano, Estado de Goiás, Brasil

Lais Naiara Gonçalves dos Reis¹, Alécio Perini Martins²

¹Doutora em Geografia, Professora da Universidade Estadual de Goiás (UEG), Avenida Rio Araguaia Esq. C/ Rio Paranaíba S/ N°, Setor Miltom Camilo de Faria, CEP: 76680-000, Itapuranga/GO, (62) 34139152, laisngr@ueg.br (<https://orcid.org/0000-0003-3632-7550>) e Professora do Professor do Programa de Pós-graduação em Geografia do Pontal (PPGEP), 2 Doutor em Geografia, Professor da Universidade Federal de Jataí (UFJ), Rua Riachuelo, nº 1.530, Setor Samuel Graham, CEP: 75804-020, Jataí/GO, (64) 3606-8136, Professor do Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal de Jataí (UFJ)- PPGEO e Professor do Programa de Pós-graduação em Geografia do Pontal (PPGEP), alecioperini@ufj.edu.br (<https://orcid.org/0000-0002-4485-0336>); E-mail: alecioperini@ufj.edu.br (<https://orcid.org/0000-0002-4485-0336>)

Artigo recebido em 08/06/2024 e aceito em 29/07/2025

RESUMO

A compreensão da configuração espacial dos habitats é fundamental para subsidiar estratégias de conservação e manejo da biodiversidade. Este estudo teve como objetivo avaliar a fragmentação dos habitats na mesorregião do Noroeste Goiano com base nos pressupostos: a) *Habitat Quality Hypothesis* (HQH), b) Áreas Extensas Concentradas em Único Ponto versus Fragmentos florestais remanescentes pulverizados pela Matriz do *Single Large or Several Small* (SLOSS) e c) *Thresholds of Biodiversity Integrity* (TBI). A análise foi realizada por meio de técnicas de geoprocessamento, utilizando dados da plataforma MapBiomas (Coleção 8 – ano base 2022) e o software ArcGIS com a extensão *Patch Analyst*. Foram aplicadas métricas como área total e média das manchas, coeficiente de variação, desvio padrão, total e densidade de bordas, índices de forma e dimensão fractal. A fragmentação espacial foi representada por meio de mapa temático elaborado com estatística Kernel. Os resultados revelaram a presença de 6.538 fragmentos médios e 841 grandes, o que difere do padrão observado em outras regiões do Brasil como o Sudeste Brasileiro. No entanto, observou-se que o processo de fragmentação continua ativo, especialmente nas áreas próximas à Planície do rio Araguaia, colocando em risco a integridade dos habitats remanescentes. Conclui-se que, embora ainda existam áreas de vegetação nativa significativas, há urgência na adoção de políticas públicas voltadas à proteção e à conectividade dos fragmentos, a fim de mitigar os efeitos da fragmentação e conservar a biodiversidade regional.

Palavras-chave: Ecologia da paisagem, Cerrado, Geoprocessamento, Conservação biológica, Métricas da paisagem.

The spatial structure and fragmentation of habitats in the Northwest Goiano mesoregion, State of Goiás, Brazil

ABSTRACT

Understanding the spatial configuration of habitats is essential to support conservation strategies and biodiversity management. This study aimed to assess habitat fragmentation in the Northwestern Goiás mesoregion based on the following theoretical assumptions: (a) *Habitat Quality Hypothesis* (HQH); (b) *Single Large or Several Small* (SLOSS) – which contrasts extensive areas concentrated in a single location with scattered forest remnants across the landscape matrix; and (c) *Thresholds of Biodiversity Integrity* (TBI). The analysis was conducted using geoprocessing techniques, employing data from the MapBiomas platform (Collection 8 – base year 2022) and ArcGIS software with the Patch Analyst extension. Landscape metrics such as total and mean patch area, coefficient of variation, standard deviation, total and edge density, shape index, and fractal dimension were applied. Spatial fragmentation was represented using a thematic map based on Kernel density statistics. The results revealed the presence of 6,538 medium-sized fragments and 841 large fragments, a pattern that differs from that observed in other Brazilian regions such as the Southeast. However, the fragmentation process remains active, particularly in areas near the Araguaia River floodplain, threatening the integrity of remaining habitats. It is concluded that, although significant patches of native vegetation still exist, there is an urgent need for public policies focused on the protection and connectivity of these fragments in order to mitigate the effects of fragmentation and conserve regional biodiversity.

Keywords: Landscape ecology, Cerrado, Geoprocessing, Biological conservation, Landscape metrics

Introdução

A compreensão dos habitats e sua interação com as matrizes, baseada na emergente Ecologia de paisagens, abrange vertentes geográficas e ecológicas. Enquanto a primeira analisa a influência humana sobre a paisagem, a segunda destaca a relevância do contexto espacial como influência direta nos processos ecológicos. Forman e Gordon (1986), assim como Wiens et al. (1993), definem a Ecologia de paisagens como o estudo da estrutura, função e interação de ecossistemas heterogêneos, destacando sua relevância para compreender as interações entre humanos e meio ambiente. Carl Troll (1939) introduziu o termo "Ecologia de paisagens" buscando integrar a abordagem vertical da Ecologia de ecossistemas com a análise horizontal da Geografia, originando a Ecologia de paisagens geográfica, que metodologicamente se alinha nos pressupostos da Biogeografia do antropoceno, mais especificamente no eixo da Biogeografia da conservação (Figueiró, 2021).

O objeto de estudo da Ecologia de Paisagens é o mosaico heterogêneo da paisagem que revela como a situação de exploração dos recursos naturais se constitui como forte ameaça à biodiversidade. A diversidade e a abundância de espécies são influenciadas pelas características estruturais dos remanescentes de vegetação nativa e sua relação com a matriz (Metzger, 2001, 2003). A capacidade de uma espécie se adaptar a um ambiente específico depende da interação com fatores ambientais e biológicos dentro de limites de tolerância. Cada espécie ocupa um nicho ecológico, sujeito a fatores limitantes, onde a diversidade genética desempenha um papel importante na capacidade dos organismos de responder e se ajustar a mudanças ambientais. Uma área maior de refúgio natural proporciona mais oportunidades para a dispersão e aumento da variabilidade genética da biodiversidade (Diamond, 1975).

Neste artigo, os termos fragmentos florestais, remanescentes florestais, refúgios naturais, manchas de vegetação nativa e ilhas são utilizados de forma intercambiável para descrever porções de formações florestais isoladas, cercadas por diferentes usos da terra em um mosaico paisagístico heterogêneo. Essas áreas remanescentes conservam, em diferentes graus, características dos ecossistemas originais e são consideradas elementos-chave para a conservação da biodiversidade. Além de servirem como habitats para diversas espécies, também desempenham funções ecológicas essenciais, como a ciclagem de nutrientes e a recarga de aquíferos (Primack & Rodrigues, 2001).

Reis, L. N. R. e Martins, A. P.

De acordo com Whittaker et al. (1973), o conceito de habitat refere-se tanto ao ambiente físico quanto ao ambiente biológico, é onde as espécies da fauna e da flora se reproduzem. Para além da componente biológica, incorporam-se as componentes abióticas, como os elementos climáticos, o solo, a vegetação, disponibilidade de alimentos, água e outros. O habitat é onde as espécies conseguem se manter e se reproduzirem.

Diante da crescente preocupação com a fragmentação dos habitats, aplicou-se os pressupostos da teoria da Biogeografia de Ilhas a esta paisagem fragmentada, onde os fragmentos de vegetação nativa são cercados por áreas de uso variado, promovendo um grau de isolamento semelhante ao das ilhas em meio aos oceanos e mares (Walter, 2004). Esta teoria contribuiu para aprimorar a compreensão do isolamento das manchas de vegetação nativa. Prevê-se que as unidades isoladas de outras áreas de habitat por vastas extensões de paisagem degradada sustentem menos espécies do que aquelas próximas a habitats mais conservados. Isso se deve à facilidade de fragmentos florestais pouco isoladas serem colonizados por novas espécies, gerando contribuições genéticas e demográficas que podem reduzir as taxas de extinção local dentro deles (Laurance, 2008; Pinheiro et. al, 2022).

A Ecologia da Paisagem constitui uma abordagem teórica e metodológica eficaz para a avaliação da qualidade ambiental e da estrutura de remanescentes florestais, por meio da análise de métricas espaciais (Silva & Longo, 2020). Com o avanço das geotecnologias, diversas ferramentas computacionais passaram a ser utilizadas para a quantificação e descrição das estruturas da paisagem, permitindo análises mais precisas e espacialmente explícitas. No contexto da ecologia de paisagens, esses softwares possibilitam a caracterização da fragmentação, fornecendo indicadores quantitativos sobre a extensão, distribuição espacial e morfologia dos remanescentes florestais em ambientes antropizados (Hessburg et al., 2000).

Na paisagem, algumas áreas são consideradas favoráveis, enquanto outras são menos favoráveis ou até mesmo totalmente desfavoráveis e negativas para serem classificadas como habitats. O risco para um indivíduo específico será proporcional ao tempo que ele passar em cada um desses tipos de habitat durante suas atividades vitais, como alimentação, reprodução e excreção (Forman, 2006). Portanto, os estudos de caracterização desta paisagem fragmentada devem considerar uma variedade de atributos, como densidade, isolamento, tamanho,

forma e características de fronteira, conforme destacado por Farina (2006).

Fahrig (2013) recomendou que quanto maior a quantidade de habitat em uma escala de paisagem, em vez da área de habitat individual, seria um preditor mais eficaz da estrutura das comunidades, independentemente da configuração espacial e geométrica dos habitats, conceituando assim a teoria *Habitat Quality Hypothesis*. Por outro lado, as premissas da *Thresholds of Biodiversity Integrity* (TBI), conforme proposta por MacArthur e Wilson (1963, 1967), enfatizam sobre as variáveis tamanho e isolamento das áreas de habitat individuais na estruturação das comunidades.

Um dos debates mais significativos sobre o papel do tamanho e isolamento das áreas na estruturação espacial da paisagem é representado pelo conceito de *Single Large or Several Small* (SLOSS). Diamond (1975) sugeriu que uma única área grande e contínua em uma paisagem teria uma maior diversidade de espécies do que várias áreas menores com a mesma área total, pois, as espécies estariam menos sujeitas ao risco de extinção assim como em populações de grandes ilhas, devido à menor vulnerabilidade às flutuações populacionais.

A mesorregião Noroeste Goiano foi selecionada como área de estudo por estar inserida na bacia hidrográfica do rio Araguaia, a qual abriga importantes áreas úmidas naturais e zonas alagadas, muitas delas utilizadas para atividades agropastoris. Essa região é representativa do bioma Cerrado brasileiro, que, nas últimas décadas, tem passado por um processo intenso de modernização agrícola, marcado pelo uso de irrigação em larga escala, expansão de monoculturas e criação de gado de corte (Mendonça & Thomaz Júnior, 2004).

Essas transformações têm provocado alterações significativas nas paisagens naturais da planície do rio Araguaia, contribuindo para a fragmentação dos habitats, a redução da biodiversidade local e a diminuição dos recursos hídricos (Monteiro et al., 2025). De acordo com dados de Assis et al. (2025), verificou-se uma expressiva redução da cobertura vegetal natural na região, com diminuições de 44,21% na Formação Florestal, 41,53% na Formação Savânica e 34,74% na Formação Campestre.

A modelagem espacial da paisagem é realizada por meio da análise da distribuição dos

habitats e de suas formas e da interação com as componentes da matriz. O objetivo deste trabalho foi avaliar a fragmentação dos habitats do Noroeste Goiano a luz da ótica de análise da Ecologia de Paisagens com base nos pressupostos de: a) *Habitat Quality Hypothesis* (HQH), b) Áreas Extensas Concentradas em Único Ponto versus Fragmentos florestais remanescentes pulverizados pela Matriz do *Single Large or Several Small* (SLOSS) e c) *Thresholds of Biodiversity Integrity* (TBI).

Material e métodos

Área de estudo

A mesorregião Noroeste Goiano, localizada na fronteira com o estado de Mato Grosso, abrange três microrregiões de planejamento: Aragarças, Rio Vermelho e São Miguel do Araguaia (Figura 1). Essa área é composta por 23 municípios, incluindo Aragarças, Araguapaz, Arenópolis, Aruanã, Baliza, Bom Jardim de Goiás, Britânia, Crixás, Diorama, Faina, Goiás, Itapirapuã, Jussara, Matrinchã, Montes Claros de Goiás, Mozarlândia, Mundo Novo, Nova Crixás, Novo Planalto, Piranhas, Santa Fé de Goiás, São Miguel do Araguaia e Uirapuru. Apesar de sua extensão territorial, a mesorregião apresenta uma população relativamente pequena, estimada em 217.048 habitantes em 2022 (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [IBGE], 2023).

Para entender o uso da terra e a fragmentação dos habitats no Noroeste Goiano, realizou-se uma análise histórica da ocupação regional. Nas décadas de 1970 e 1980, a construção da Estrada do Boi impulsionou o aumento do rebanho bovino e a criação de novas aglomerações urbanas, como Planalto e Nova Crixás, coincidindo com um intenso desmatamento até o início da década de 1980. Esse desmatamento foi incentivado por programas como Proterra e Condepe. A expansão agrícola na planície do Araguaia foi impulsionada pela escassez de terras agrícolas no Sudoeste Goiano e no Vale do Rio dos Bois, além dos altos preços e conflitos de uso das terras, especialmente após a instalação de usinas de bioenergia (Barreira, 1997).

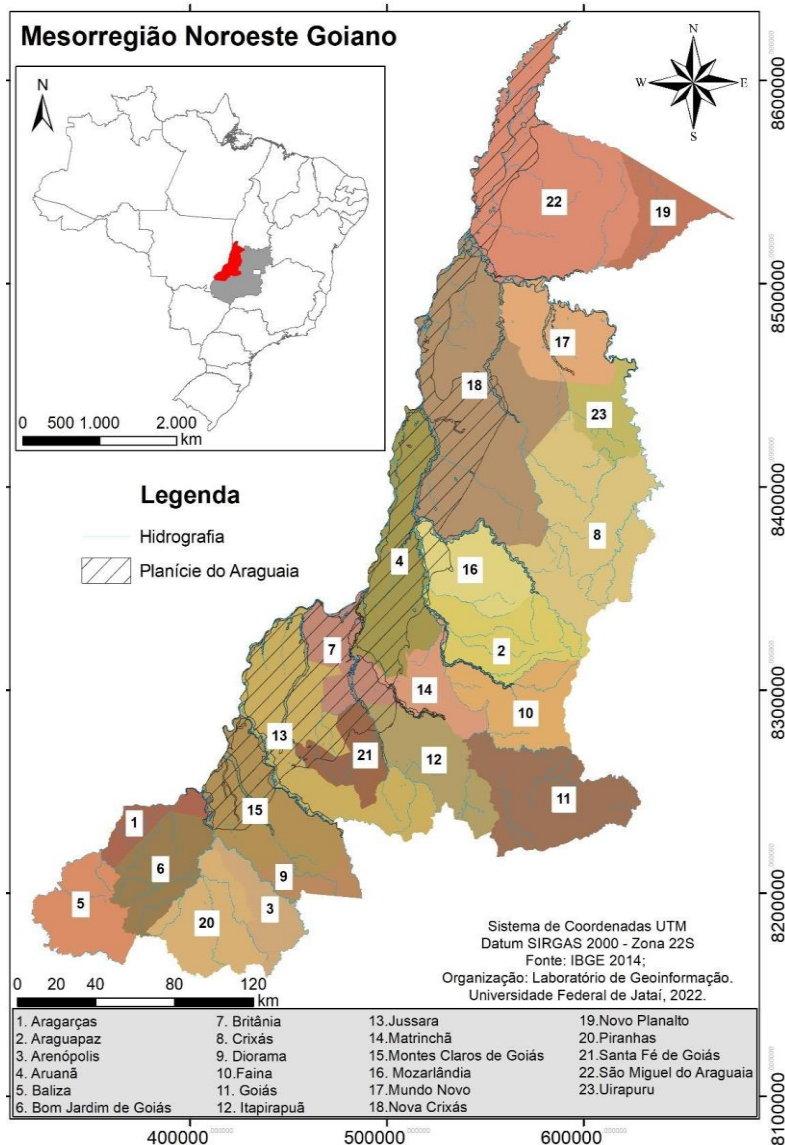


Figura 1. Localização do Noroeste Goiano.

Procedimentos teórico-metodológicos da pesquisa

A Figura 2 apresenta um resumo esquemático das etapas seguidas para a obtenção dos resultados nesta pesquisa. Inicialmente, foram selecionados os *shapefiles* de uso da terra e cobertura vegetal do Mapbiomas, e dos limites municipais elaborados pelo IBGE. Em ambiente Sistema de Informação Geográfica SIG-ArcGis, os fragmentos florestais da área de estudo foram classificados de acordo com seus tamanhos e analisados à luz dos pressupostos *Habitat Quality Hypothesis* (HQH), *Single Large or Several Small* (SLOSS), e *Thresholds of Biodiversity Integrity* (TBI). Os dados foram organizados em mapas e as métricas da estrutura dos fragmentos foram

calculados no *Patch Analyst*. Como resultado síntese da pesquisa gerou-se o mapa da fragmentação da mesorregião Noroeste Goiano.

Os dados relacionados aos fragmentos florestais de vegetação nativa, foram extraídos do uso da terra e cobertura vegetal elaborado pelo Mapbiomas Coleção 8, referentes ao ano de 2022. A classe utilizada foi a classe de Formação Florestal. Após realizar verificação visual em campo, constatou-se que os remanescentes florestais possuem (cerradão, matas, palmeirais e impucas) da formação vegetal do Cerrado e de remanescentes de matas pluviais ao longo do rio Araguaia, nas porções de alagamentos sazonais. A Figura 3, mostra diferentes fitofisionomias que estão inseridas na classe de Formação Florestal.

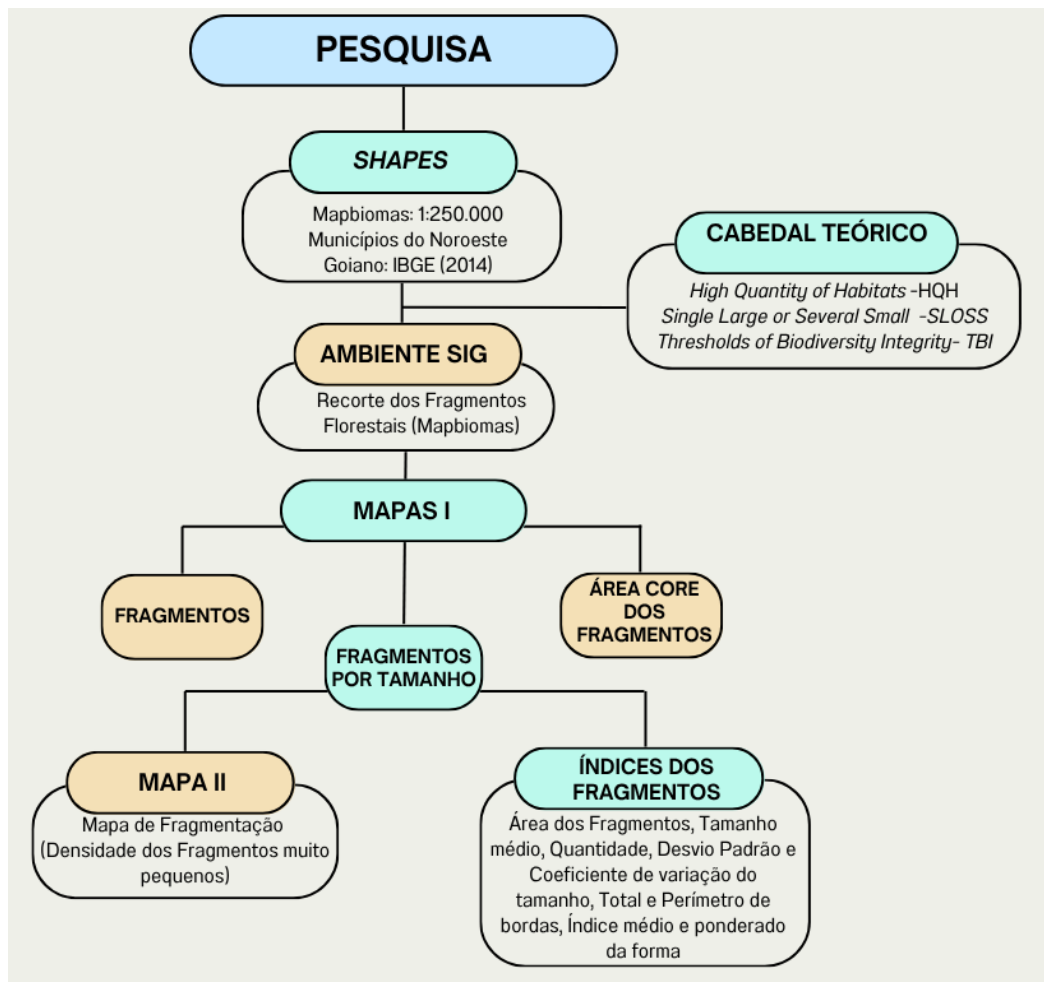


Figura 2. Organograma da pesquisa.



Legenda

- 1- Mata de palmeirais localizada no município de Itapirapuã-GO.
- 2- Mata de palmeirais em ambiente de Veredas, localizada no município de Montes Claros de Goiás-GO,
- 3- Mata pluvial ciliar do rio Araguaia com elementos da Floresta Amazônica, divisa entre os municípios de Aruanã-GO e Cocalinho-GO e
- 4- Formação florestal do Cerrado no município de São Miguel do Araguaia-GO.
- 5- Formação Florestal Impuca ou Ipuca localizada no município de Aruanã-GO, em feição doliniforme.

Figura 3. Formações Florestais encontradas na mesorregião Noroeste Goiano.

Após a seleção dos fragmentos de vegetação nativa do Mapbiomas – Coleção 8, utilizou-se a metodologia proposta por Juvanhof et

al. (2011). Neste estudo de fragmentação florestal aplicado ao Estado do Espírito Santo, os fragmentos foram classificados nas seguintes

categorias: Muito Pequeno (MP) ≤ 5 ha; Pequeno (P) entre 5,01 e 10 ha; Médio (M) entre 10,01 e 100 ha; e Grande (G) $\geq 100,01$ ha.

As métricas da paisagem contidas no *Patch Analyst* são: a primeira métrica, denominada NUMP, refere-se ao número total de fragmentos florestais dentro de uma mesma classe da paisagem. A variável n_i , representa a quantidade de manchas de uma classe para NUMP a nível de classe de fragmentos florestais, sendo utilizada para encontrar o número de unidades de formação florestal. A segunda é a MPS, que serve para determinar o tamanho médio das unidades florestais em hectares. A área do fragmento i na classe j , representada por a_{ij} , varia de 1 a n número de fragmentos, e n_i é o número de fragmentos da classe. A métrica PSSD, que representa o desvio padrão do tamanho médio dos fragmentos, também utiliza as variáveis a_{ij} , onde j varia de 1 a n número de fragmentos, e n_i é o número de fragmentos da classe. Este índice é crucial para avaliar a variação do tamanho entre as manchas de uma determinada área. O índice PSCoV é utilizado para encontrar o desvio padrão do tamanho entre os fragmentos da área de estudo, utilizando o desvio padrão do tamanho dos fragmentos (PSSD) e o tamanho médio dos fragmentos (MPS). Além disso, a métrica TE refere-se à borda (perímetro) da i -ésima mancha. O ED, por sua vez, utiliza o total de bordas (TE) e a área total da paisagem (TLA) para calcular o perímetro dos fragmentos. Para estimar a figura geométrica de um fragmento, assumindo a figura ideal como um círculo, utiliza-se a métrica MSI. As variáveis incluem p_{ij} que representa o perímetro do fragmento ij e a_{ij} , que representa a área do fragmento i na classe j , onde j varia de 1 a n número de fragmentos, e n_i é o número de fragmentos da classe. Por fim, a métrica AWSI representa o índice da forma média dos fragmentos ponderado pela área de estudo. As variáveis P_{ij} e a_{ij} representam, respectivamente, o perímetro do fragmento ij e a área do fragmento i na classe j , onde j varia de 1 a n número de fragmentos (Pirovani, 2012).

Para o mapa de análise da fragmentação florestal, utilizou-se a ferramenta *feature to point* no *software ArcGis*, os fragmentos muito pequenos e pequenos em sua totalidade foram convertidos para pontos. Depois, utilizou-se o modelo espacial de Kernel para estimar a densidade destes fragmentos com raio de 10 km para agrupamento dos pontos. Após isto, foram atribuídas as classes de fragmentação leve, moderada, significativa, extrema e crítica. De acordo com McGarigal, Cushman e Ene (2012), quanto maior for o número

de fragmentos pequenos mais fragmentada estará esta paisagem.

O mosaico de paisagens caracterizados como *Fragmentação leve* ainda guarda proporções contínuas de formações florestais, porém já apresenta sinais do processo de fragmentação, como aberturas de clareiras, desmatamento ocasionando unidades de fragmentos grandes na paisagem. Já para áreas de *Fragmentação moderada*, os habitats já foram mais perforados ou perfurados, as unidades florestais sofreram redução em tamanhos, passando a compor a classe de fragmentos médios, mas ainda assim, pode se observar a conectividade dos habitats por meio das matas ciliares ou de galeria, pois se trata de áreas de preservação permanentes, servindo como corredores ecológicos para a movimentação das espécies. Em paisagens com processo de *Fragmentação significativa* observa-se que o mesmo está consolidado, pois, há presença de fragmentos pequenos, já se encontram isolados por uma matriz com ou sem manejo, como é o caso de pastagens e a movimentação das espécies da fauna já é reduzida sobretudo aquelas que são arborícolas. Em paisagens com *Fragmentação extrema* nota-se a presença de fragmentos pequenos isolados por uma matriz de uso intensivo como agriculturas tecnificada e áreas urbanas, a conexão entre os fragmentos é mínima, já se observa isolamento genético pela incapacidade das espécies de transpor as barreiras geográficas, demonstrando a perda de biodiversidade local. E por fim, na paisagem com *Fragmentação crítica*, os fragmentos florestais estão totalmente descaracterizados em relação a unidade de formação florestal original, em relação ao tamanho são unidades muito pequenas sem conectividade e isoladas, já se pode falar em extinção regional de espécies.

Para validar os fragmentos identificados e aprofundar as análises sobre a fragmentação na área de estudo, foi realizada visita *in loco*, fornecendo dados da dinâmica da matriz (usos da terra circunvizinhos aos fragmentos) para compreender o processo de fragmentação do Noroeste Goiano, para o levantamento de fotografias digitais e aéreas tiradas com o Phantom 4 pro.

Resultado e discussão

A região do Noroeste Goiano está situada dentro do bioma Cerrado e apresenta uma diversidade de formações típicas desse ambiente, além de ecótonos que representam transições para a floresta Amazônica e Impucas (Arruda et al., 2023). O Cerrado, conforme destacado por Batalha

(2011), não é apenas um bioma singular, mas sim um conjunto complexo de biomas, inserido no domínio morfoclimático do Cerrado, abrangendo aproximadamente 2 milhões de quilômetros quadrados, conforme apontado por Ab'Saber (2003). Ribeiro e Walter (2008) ressaltaram que esses biomas podem ser agrupados em três grandes formações: florestais, savânicas e campestres.

Na área de estudo, além das formações florestais da savana brasileira, há ecótonos de transição próximos às margens do rio Araguaia, onde algumas porções de formações florestais podem ser classificadas como várzea alta. Essas áreas estendem-se ao longo das margens de afluentes do rio e são caracterizadas por solos férteis e uma vegetação densa, com árvores altas atingindo aproximadamente 20 metros de altura.

Como mencionado por Pires (1973), essas florestas situam-se em planícies pluviais ou alagadas, influenciadas pela flutuação do nível dos rios durante as cheias e vazantes, sendo mais apropriadamente chamadas de matas pluviais. Nesta região, as florestas secas representam uma área de transição entre a vegetação amazônica e a do Brasil Central, especialmente entre a floresta amazônica e o cerrado. No interior da planície do rio Araguaia observa-se a presença de áreas úmidas doliniformes com a presença da formação florestal denominada impucas (Manchola & Moraes, 2023).

O mapeamento dos remanescentes das formações florestais no Noroeste Goiano (Figura 4) identificou 203.000 fragmentos nesta área, totalizando 699.484 ha de remanescentes florestais.

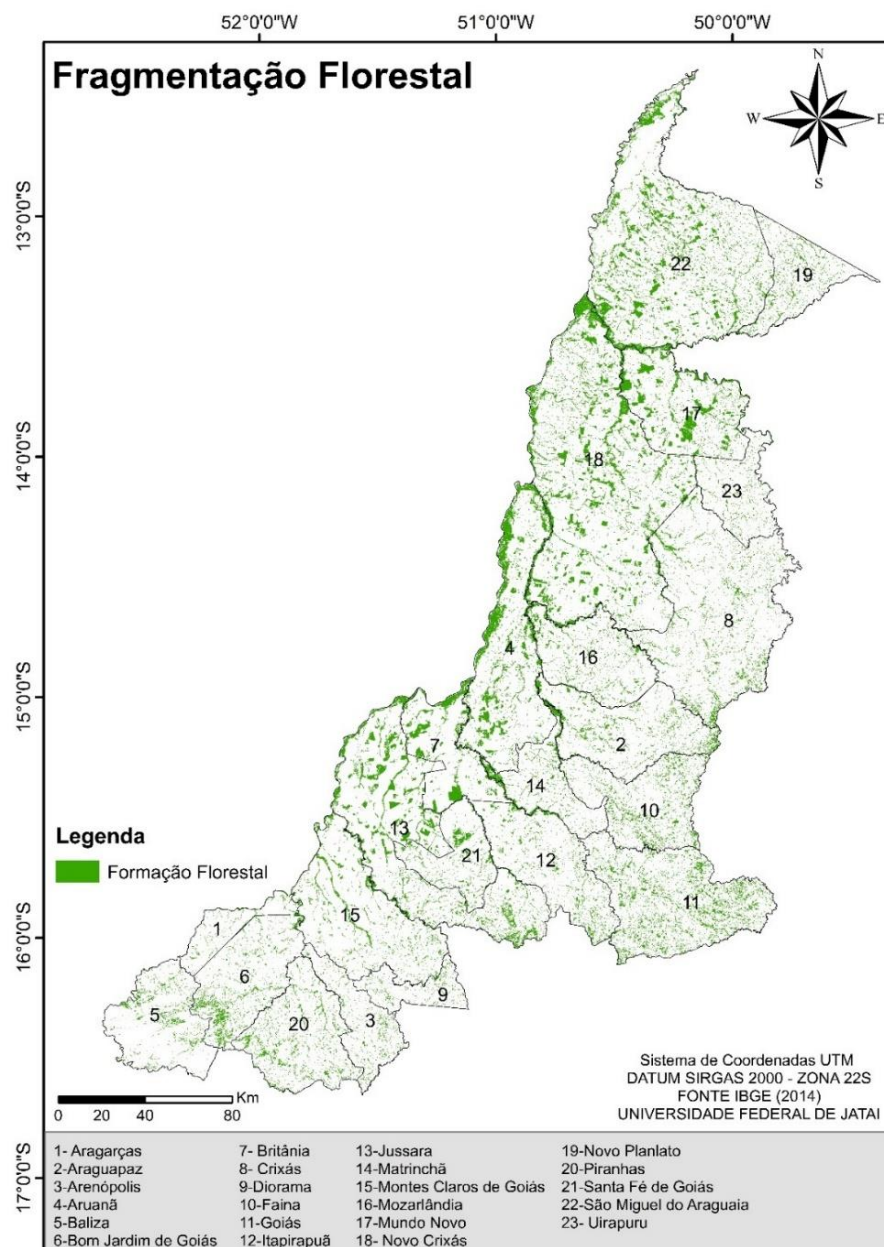


Figura 4. Mapeamento dos remanescentes de formação florestal da mesorregião Noroeste Goiano.

As informações sobre a qualidade dos habitats no Noroeste Goiano para este período estão apresentadas na Tabela 1. Observa-se que a maior concentração de fragmentos com áreas mais extensas (médio e grande) está na planície do Araguaia e que o processo de fragmentação está mais intenso no alto e médio curso dos tributários do rio Araguaia, podendo ser uma das causas da redução de seu volume hídrico. Os municípios que compõem a planície do Araguaia Aruanã, Britânia, Jussara, Nova Crixás, Novo Mundo e São Miguel do Araguaia juntos apresentam 281.302,09 ha de vegetação nativa preservadas em fragmentos grandes, representando 72 % desta importante categoria de remanescentes florestais da região. De forma complementar, Silva e Longo (2020) demonstraram a relevância ecológica de um fragmento classificado como área-fonte na bacia do rio Atibaia, em Campinas (SP), responsável por aproximadamente 6,8% da vegetação nativa local. Esse fragmento mantém populações viáveis de espécies e atua como polo de exportação de indivíduos, sementes e fluxos ecológicos para outros remanescentes menores e mais degradados, conhecidos como áreas-sumidouro (*sink areas*).

A maior parte dos remanescentes mapeados é composta por fragmentos muito pequenos, com menos de cinco ha, totalizando 190.235 unidades que, juntas, correspondem a apenas 95.307 ha de vegetação nativa altamente fragmentada. Os fragmentos classificados como

pequenos, em número de 5.389 unidades, somam 37.833 ha. Já os fragmentos médios, representados por 6.538 unidades, abrangem 176.898 ha. Por fim, os fragmentos grandes, em menor número (841 unidades), concentram a maior área contínua de vegetação nativa, totalizando 389.446 ha. Esses grandes remanescentes são de extrema importância ecológica, pois tendem a apresentar maior diversidade de fauna e flora. Estudos recentes de Antonelli et al. (2024) demonstraram que mesmo fragmentos médios, como um remanescente de Cerrado com 33 ha na Floresta Estadual de Botucatu, podem abrigar alta riqueza de espécies — no caso, foram registradas 251 espécies de aves, incluindo três endêmicas do Cerrado e quatro classificadas como globalmente vulneráveis, evidenciando o valor conservacionista desses ambientes.

A maior parte das manchas está inserida na categoria dos fragmentos muito pequenos, mesmo sabendo que os fragmentos com áreas maiores são ideais para a conservação da biodiversidade, devido à quantidade e qualidade de recursos que oferecem à biota, os fragmentos menores também têm funcionalidade na paisagem (Longo et al., 2024). Estes fragmentos menores atuam como abrigos temporários para a fauna, funcionando como trampolins ou *steps stones*, e ajudam a evitar o isolamento geográfico das espécies (Forman, 2006; Ribeiro et al., 2020).

Tabela 1. Índices das métricas calculados no *Patch Analyst* para os fragmentos de vegetação nativa da mesorregião Noroeste Goiano.

			Métricas dos FVN			
	Índices	Unidades	MP (<5ha)	P (5- 10 ha)	M (10-100ha)	G (>100 ha)
Área	CA	Hectares	95.307,39	37.833,2	176.898,0	389.446,0
Densid. e tamanho	MPS	Hectares	0,50	7,02	27,0569	463,075
	NUMP	Adimensional	190.235	5.389	6.538	841
	PSSD	Hectares	1,37	1,4	19,34	948,501
	PSCoV	Porcentagem	19,3989	19,95	71,5151	204,827
Borda	TE	Metros	57.895.800	11.676.100	36.377.700	37.003.500
	ED	m/ha	607,46	308,62	205,642	95,0158
Forma	MSI	Adimensional	2,34	2,30	3,02686	5,71531
	AWMSI	Adimensional	2,36	2,32	3,3479	9,04828

Legenda: CA = Área total dos fragmentos por categoria (ha), MPS= Tamanho médio dos fragmentos por categoria (ha), NUMP= número de unidades de fragmentos por categoria, PSCoV= Coeficiente de Variação do Tamanho médio dos fragmentos (%) por categoria, PSSD= Desvio Padrão do tamanho dos fragmentos por categoria TE= Total de Bordas (m) dos fragmentos por categoria, ED= perímetro de bordas sobre a área

do fragmento (m/ha), $MSI = \text{Índice de Forma Médio dos fragmentos por categoria}$, $AWMSI = \text{Índice de Forma média de Área Ponderada dos fragmentos por categoria}$.

A Figura 5 mostra a espacialização de remanescentes florestais muito pequenos dispersos pela matriz, servindo de *steps stones* durante o processo de dispersão da fauna. Observa-se a importância da vegetação ripária, como corredor ecológico entre os fragmentos A e B (Hilty et al.,

2006; Valeri & Senô, 2014). Salomão et al. (2023) ressaltaram a importância das Áreas de Preservação Permanentes (APPs) das redes hidrográficas como fatores importantes para implantação de estruturas de conectividade dos habitats, os corredores ecológicos.

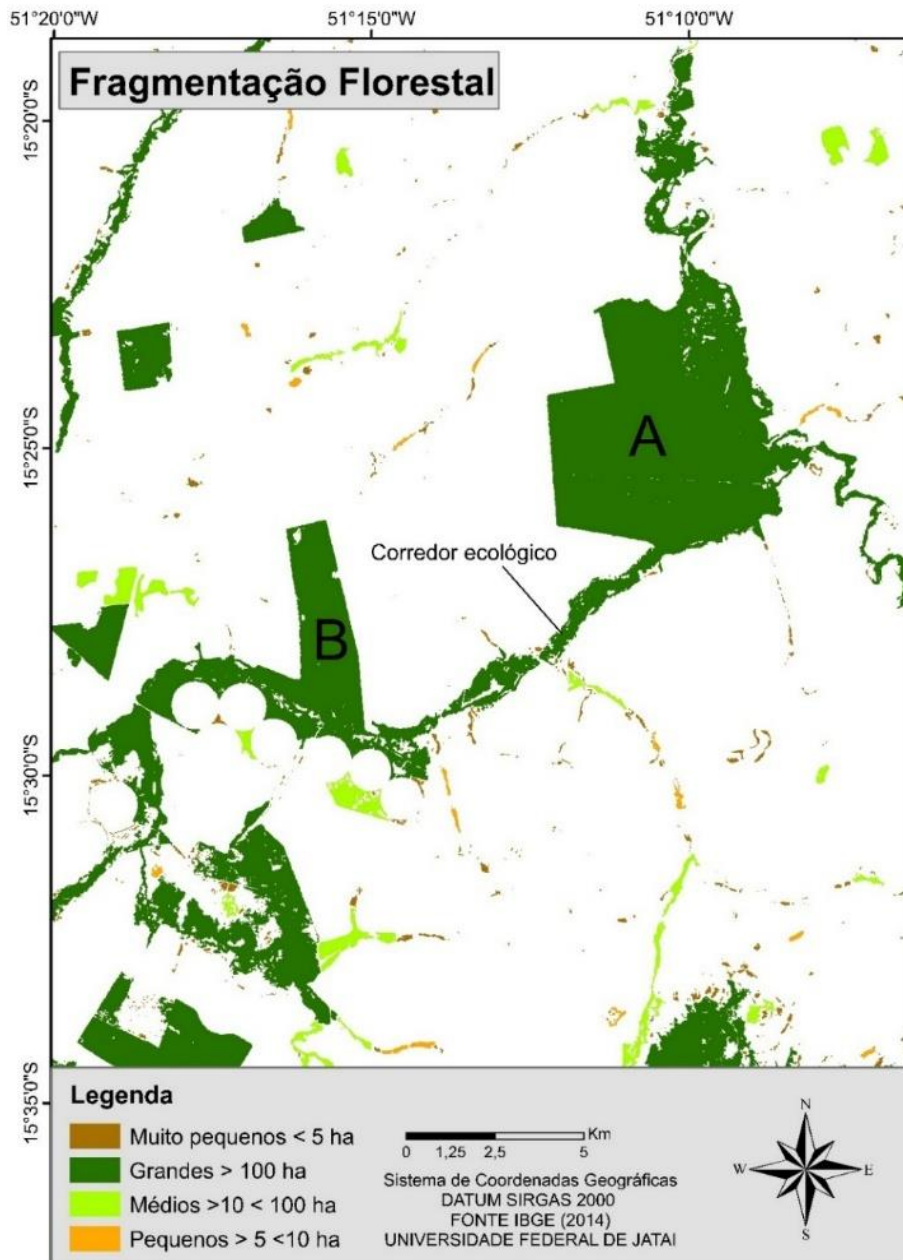


Figura 5. Ocorrência de fragmentos pequenos e muito pequenos na mesorregião Noroeste Goiano.

Os resultados desta pesquisa corroboram com os achados de Teixeira et al. (2018), que identificaram que 53% dos fragmentos de vegetação nativa no município de Bragança Paulista (SP) são compostos por áreas de pequeno porte, distribuídas de forma dispersa na paisagem. De modo semelhante, Guariz e Guariz (2020) Reis, L. N. R. e Martins, A. P.

constataram que, em São Roque do Canaã (ES), a maioria dos remanescentes florestais apresenta dimensões reduzidas, consideradas insuficientes para garantir sua estabilidade ecológica e autossustentação. Apesar disso, os autores destacam a importância da permanência desses pequenos fragmentos na paisagem, uma vez que

atuam como elementos de conectividade ecológica, facilitando o fluxo gênico e biológico entre manchas maiores — uma função que também é ressaltada por Farina (2006) ao abordar *os stepping stones* na Ecologia da paisagem. Em estudos recentes, simulações demonstraram que a exclusão de fragmentos menores que 50 ha resultaria em um aumento expressivo no isolamento entre os remanescentes, elevando a distância média entre eles (MNN) de 80,8 m para 567,7 m (Ribeiro et al., 2020). Esses dados reforçam que, no contexto do Noroeste Goiano, mesmo os fragmentos de pequena extensão devem ser considerados estratégicos nos planos de conservação, sobretudo diante da intensificação do uso agropecuário e do avanço da fronteira agrícola sobre áreas naturais.

A densidade das bordas do fragmento (ED), que indica a relação entre a forma e o tamanho do fragmento, é calculada dividindo o perímetro das bordas pela área do fragmento, sendo expressa em metros por hectare. Os resultados mostraram que os fragmentos grandes no Noroeste Goiano possuem um maior potencial para a conservação da biodiversidade, com uma ED de 95 m/ha. Quanto maior for este valor, mais áreas descaracterizadas se encontram no mosaico de paisagens, com alteração dos processos ecológicos e com maior potencial de impactar negativamente a diversidade biológica (Pütker et al., 2020).

O índice de forma do fragmento (MSI) avalia a geometria dos fragmentos, permitindo classificá-los como regulares ou irregulares. No Noroeste Goiano, os fragmentos muito pequenos e pequenos apresentaram formas mais regulares (2,3) diferentemente dos fragmentos médios e grandes (3,02 e 5,7). De modo geral, a tendência no Noroeste Goiano é apresentar fragmentos florestais com formatos irregulares. Isso sugere que o desmatamento ocorreu de maneira desordenada, sem a orientação adequada dos órgãos competentes nas esferas municipal, estadual e federal. No Brasil, não existe legislação ou diretriz que oriente o cercamento da forma ideal dos fragmentos florestais preocupada em manter a conservação da biodiversidade.

Os remanescentes florestais do Noroeste Goiano apresentam formatos irregulares e se distanciam das formas arredondadas ideais. Portanto, é necessário propor técnicas de reflorestamento para que esses habitats adquiram formatos mais arredondados. Os dados encontrados neste estudo corroboram os resultados da pesquisa de Andrade et al. (2020), que também identificaram formatos irregulares nos fragmentos florestais no nordeste do Pará. Situação semelhante foi observada nos dados apresentados por Hentz et al. (2015) para uma bacia hidrográfica no Paraná, e

por Guariz e Guariz (2020) no Noroeste do Espírito Santo.

De acordo com o ordenamento jurídico ambiental brasileiro, o fator determinante para garantir uma melhor qualidade dos habitats é o tamanho, já que não há normativas ambientais que abordem especificamente a forma e a localização eficiente das reservas de vegetação nativa (Reis e Nishiyama, 2017). Neste sentido, Rocha et al. (2018) apontaram em sua pesquisa a importância das reservas legais privadas para preservação dos fragmentos florestais em Goiás.

A Figura 6 mostra a irregularidade geométrica de dois fragmentos florestais grandes presente na área de estudo. Estes fragmentos são mais alongados, pois acompanham a extensão do rio Araguaia. A preservação destes fragmentos nesta região acontece por ser uma APP e pela própria dinâmica hidrogeomorfológica da região, de alagamento no período das cheias formando lagoas nas depressões relativas nas áreas adjacentes do rio. A forma desses fragmentos revela que além de possuírem formatos irregulares, estas feições alongadas em muitos trechos estão perforadas (perfuradas), em decorrência da abertura de clareiras no interior dos fragmentos, este padrão se repete em grande parte dos remanescentes florestais do Noroeste Goiano.

A forma irregular dos fragmentos florestais está diretamente associada ao aumento do efeito de borda: quanto mais sinuoso e fragmentado o contorno de uma mancha florestal, maior será a extensão de sua borda e, conseqüentemente, maior a área sujeita a influências externas. Ao aplicar um recuo de 100 m para exclusão das bordas dos remanescentes florestais do Noroeste Goiano (Figura 7), observa-se que apenas uma pequena parcela da vegetação preservada permanece como área central — ou *core* — livre da influência do efeito de borda, representando apenas 23% da cobertura florestal total da região. Destacam-se os municípios de Aruanã, Britânia, Jussara, Nova Crixás, Novo Mundo e São Miguel do Araguaia, nos quais ainda é possível identificar fragmentos com áreas núcleo significativas. Nos demais municípios, essas zonas centrais praticamente inexistem. Segundo Bogoni et al. (2017), a maioria das espécies que evitam áreas de borda já pode ter sido extinta regionalmente em paisagens altamente fragmentadas. Corroborando com os dados apresentados neste estudo, Pinheiro et al. (2022) também demonstraram que fragmentos com maior irregularidade morfológica apresentam maior proporção de bordas, o que os torna mais suscetíveis a perturbações antrópicas e ecológicas.

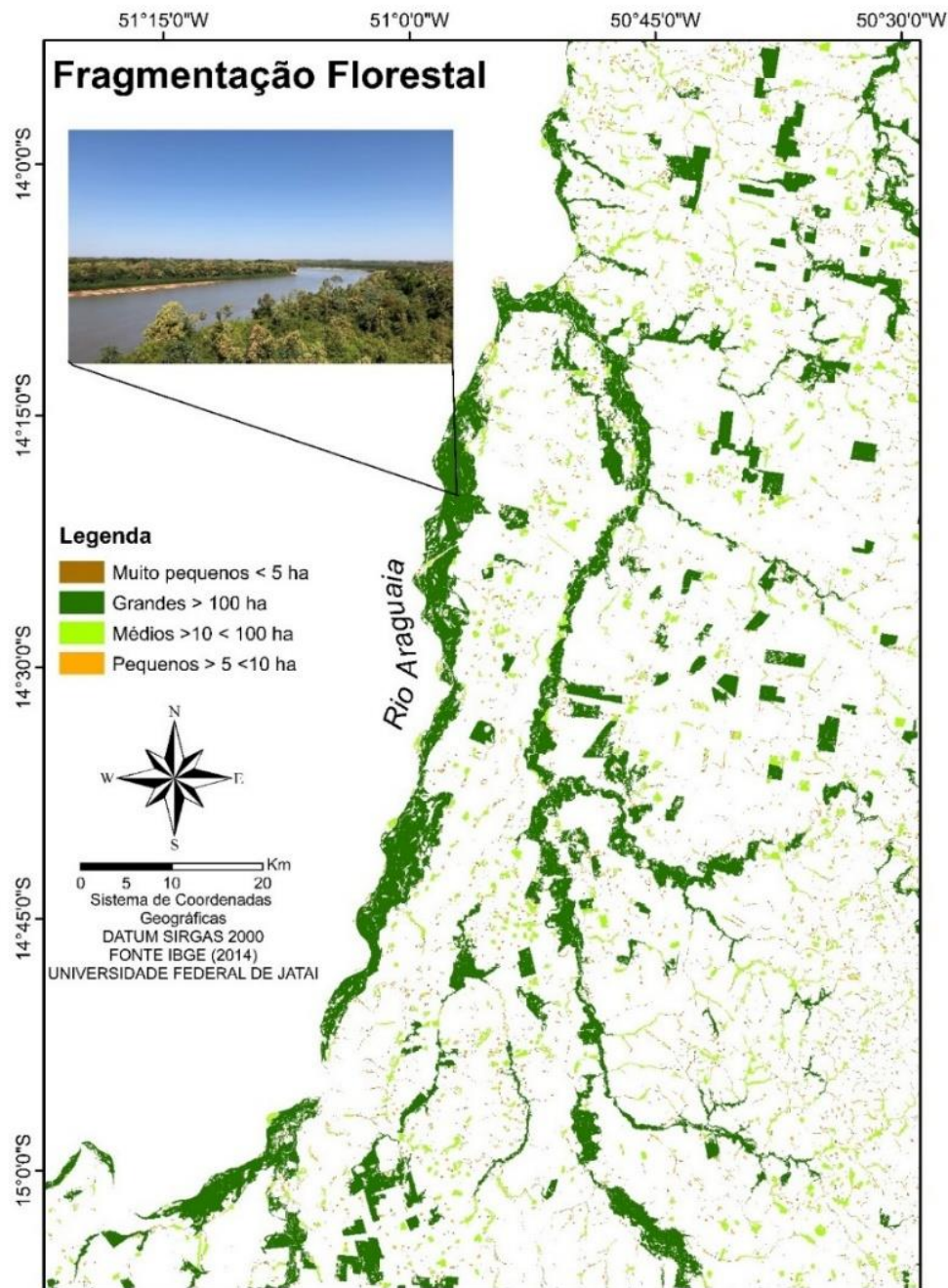


Figura 6. Maior fragmento da mesorregião Noroeste Goiano.

Uma situação semelhante foi observada em um estudo na Mata Atlântica do estado do Rio de Janeiro. Fernandes e Fernandes (2017) registraram uma expressiva redução das áreas núcleo (*core*) dos fragmentos florestais na bacia do rio Ubá, sendo que o efeito de borda de 100 m já comprometia grande parte dos remanescentes. Ao ampliar esse limite para 140 m, constatou-se a inexistência de áreas livres da influência de borda, evidenciando o alto grau de vulnerabilidade da paisagem. Esses dados reforçam a importância de estratégias de conservação que considerem não apenas a extensão, mas também o formato dos fragmentos, visando minimizar os impactos do

efeito de borda e assegurar a integridade ecológica dos remanescentes.

Forman (2006) afirmou que o efeito de borda nos remanescentes florestais em contato com áreas agrícolas resulta em zonas fronteiriças para pragas e produtos agrícolas. Além disso, os processos de erosão do solo são mais ativos nessas zonas de transição, outro agravante é a penetração da radiação solar nas bordas dos fragmentos florestais altera a composição florística e faunística deste habitat. Nesse cenário, o ser humano desempenha um papel significativo e agravante, podendo incrementar as bordas dos habitats, sendo o arquiteto desse mosaico de paisagens.

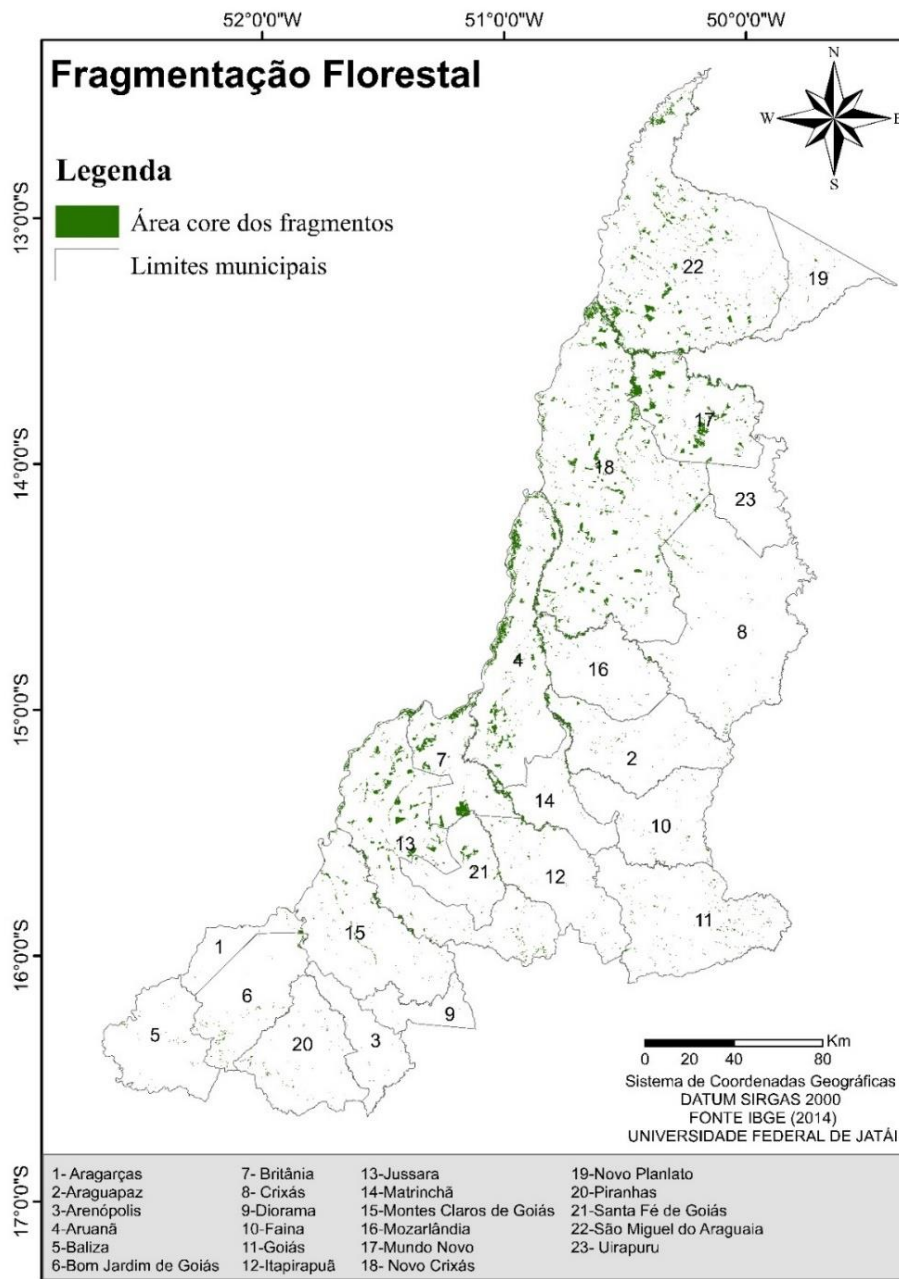


Figura 7. Fragmentos de formação florestal, desconsiderando uma borda de 100 metros da mesorregião Noroeste Goiano.

A Figura 8 evidencia a predominância da atual estrutura da paisagem no Noroeste Goiano, caracterizada por uma matriz antrópica composta por cortes viários, áreas alagadas, extensas pastagens e fragmentos florestais dispersos, especialmente na Planície do Rio Araguaia. Segundo Monteiro et al. (2025), a análise da dinâmica de uso e cobertura da terra entre 1990 e 2020 revelou a consolidação dessa matriz, impulsionada principalmente pela expansão das áreas de pastagens, que em 2020 já ocupavam cerca de 57% da área total da mesorregião — o equivalente a aproximadamente 31.610 km² — representando um crescimento de 32% (7.660 km²)

no período analisado. A substituição da vegetação nativa por pastagens resultou em uma significativa redução da cobertura florestal, especialmente nas áreas planas e hidrológicamente sensíveis da planície do rio Araguaia, refletindo a intensificação das pressões antrópicas sobre o ecossistema. A depender de sua composição e intensidade de uso, a matriz pode funcionar tanto como complemento de habitat quanto como barreira ecológica à fauna nativa. Dantas et al. (2022) demonstraram que, embora a monocultura da cana-de-açúcar represente um ambiente modificado, ela pode atuar como fonte complementar de recursos alimentares para espécies como o macaco-prego-galego

(*Sapajus flavius*), que utilizaram as plantações para coleta de alimento e deslocamento entre fragmentos florestais. Esses dados ressaltam a importância de se considerar a qualidade e funcionalidade da matriz na análise da conectividade da paisagem e nas estratégias de conservação.

Em uma matriz de pastagens, o efeito de borda nos habitats florestais produz mudanças na composição florística, devido ao aumento da taxa de mortalidade dos indivíduos, ao crescimento de cipós e à invasão de espécies exóticas, como o capim-gordura (*Melinis minutiflora*), o capim-colômbio (*Panicum maximum*), e a braquiária (*Brachiaria sp.*) (Laurance, 2010).



Figura 8. Estrutura predominante da matriz da paisagem da planície do Araguaia na mesorregião Noroeste Goiano, A – Corte de Estrada, B – Áreas alagadas e C – Pastagens com Fragmentos Florestais no horizonte de fundo.

Mesmo com todas estas objeções (períodos de alagamentos e de solos enxarcados), a atividade agropastoril encontra técnicas para expandir suas fronteiras nesta região, a Figura 9 mostra a presença de drenos na Planície do Araguaia, revelando que o processo de fragmentação não está estagnado na região. Os achados de Lima, Ferreira e Ferreira (2020) reforçam a importância da manutenção e recomposição da cobertura vegetal nativa como estratégia para reduzir os efeitos da fragmentação e conservar os serviços ecossistêmicos. Assim como observado no Noroeste Goiano, a predominância de pequenos

fragmentos na Região Metropolitana de Goiânia, aliada ao aumento da distância entre manchas e à irregularidade de suas formas, indica uma tendência de intensificação do efeito de borda e da perda de funcionalidade ecológica dos remanescentes. Além disso, a aplicação de cenários simulados com foco na recomposição de APPs e áreas ambientalmente vulneráveis revelou melhorias significativas na conectividade e redução da perda de solo, reforçando a necessidade de estratégias proativas de conservação, especialmente nas zonas de expansão agropecuária como a planície do Araguaia.

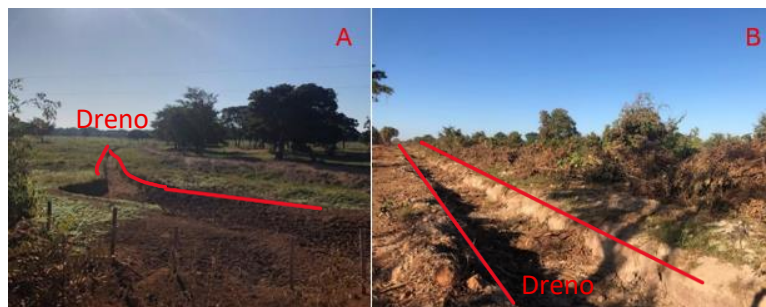


Figura 9. Uso de drenos em áreas alagadas na planície do Araguaia na mesorregião Noroeste Goiano A e B (com vestígio de desmatamento da vegetação nativa, adjacente ao dreno), ambos no município de Aruanã em Goiás.

Machado et al. (2021) afirmam que a presença de gado nos fragmentos florestais é inversamente proporcional à diversidade biológica do sub-bosque. Para conservar a biodiversidade local dos fragmentos inseridos em matrizes com pastagem, é necessário cercar os remanescentes florestais, pois espécies raras podem ocorrer nesses

habitats. Outros usos da terra também representam fortes ameaças à conservação dos habitats. Conforme dados do MapBiomas, a atividade de mineração ocupava cerca de 1 km² no Noroeste Goiano, evidenciando uma presença pouco expressiva em relação a outras regiões do país. No entanto, apesar da reduzida extensão territorial, a

mineração representa uma ameaça potencial à conservação da biodiversidade local, devido ao seu elevado poder de transformação da paisagem e à intensidade dos impactos ambientais associados à sua dinâmica. Mesmo em escala limitada, essa atividade pode desencadear processos de degradação significativos, sobretudo em áreas sensíveis do ponto de vista ecológico. A remoção da vegetação para extração de rochas, o uso do fogo e a construção de novas estradas estão entre os principais fatores responsáveis pela perda das espécies vegetais nativas da região (Silva & Santos, 2020).

Na contramão do que ocorre em áreas da região Sudeste do Brasil, onde os efeitos do intenso processo de fragmentação do Cerrado consolidaram uma paisagem extremamente fragmentada, o Noroeste Goiano se destaca por preservar uma parcela significativa de formações florestais, distribuídas em fragmentos de médio a grande porte, o que indica um nível moderado de fragmentação. Resultado semelhante foi observado por Winagraski et al., (2018) que identificaram um padrão de fragmentação menos severo ao compararem os remanescentes florestais no entorno da Floresta Nacional de Irati, no Paraná, com os padrões do Sul e Sudeste do país. No entanto, estudos mais recentes, como os de Fischer et al. (2021), Lisboa et al. (2019) e Ma et al. (2023), demonstram que, ao se realizar uma análise temporal, constata-se um aumento no número de fragmentos ao longo das décadas, indicando que o processo de fragmentação segue em curso.

Outro aspecto relevante a ser destacado é a redução progressiva da área central ou *core* dos grandes fragmentos florestais, tendência já registrada por Fernandes et al. (2022) na bacia do rio São Francisco, onde se observou uma diminuição significativa dessas áreas ao longo de um período de 20 anos. Nesse mesmo sentido, Lacerda et al. (2023) demonstraram que, no município de Querência-MT — inserido no arco do desmatamento da Amazônia —, as propriedades rurais e os assentamentos desempenham papel central na intensificação do desmatamento, resultando no aumento do número de fragmentos e na consequente redução da área média e da maior mancha florestal. Esse processo compromete diretamente a conectividade ecológica da paisagem, configurando um padrão típico de fragmentação. Tal realidade é compatível com os resultados observados neste estudo, onde grandes fragmentos poderão gradativamente serem substituídos por manchas menores e dispersas, nas

próximas décadas evidenciando um cenário de crescente vulnerabilidade ambiental.

A Figura 10 evidencia dois agrupamentos distintos no processo de fragmentação observado no Noroeste Goiano. O primeiro refere-se às áreas onde a fragmentação já está consolidada, especialmente nas proximidades do Parque Estadual da Serra Dourada, abrangendo os municípios de Goiás e Faina, cuja paisagem se caracteriza por uma alta densidade de fragmentos e grande irregularidade morfológica. O segundo agrupamento corresponde à planície do rio Araguaia, que atualmente se configura como uma fronteira de expansão das atividades agropastoris e tende, nas próximas décadas, a apresentar um aumento expressivo no número de fragmentos florestais. De acordo com Bispo et al. (2022), esse cenário agrava a vulnerabilidade ecológica dos habitats remanescentes. Ressalta-se, ainda, que a fragmentação é um processo dinâmico e contínuo, sendo potencializado pelo avanço das áreas de pastagem e pela consequente perda das zonas núcleo (*core*) dos fragmentos florestais (Pinheiro et al., 2021).

Os resultados deste estudo também convergem com os achados de Cachoeira et al. (2020), que demonstraram que, embora o Parque Estadual do Jalapão (TO) ainda preserve certo grau de funcionalidade ecológica, encontra-se inserido em um contexto de elevada vulnerabilidade ambiental em razão da intensificação das transformações na matriz de uso do solo ao seu redor. De modo semelhante, a tendência de fragmentação da vegetação identificada no Noroeste Goiano se alinha ao padrão observado em outras regiões do país, como na bacia hidrográfica do rio Marapanim, no nordeste do Pará que conforme Andrade et al. (2020), essa paisagem apresentou um alto grau de fragmentação, com 16.697 fragmentos de vegetação nativa e um tamanho médio de apenas 12,79 ha, evidenciando uma intensa subdivisão da cobertura florestal. Essa configuração compromete a integridade ecológica dos remanescentes e revela uma dinâmica recorrente em bacias hidrográficas submetidas à pressão do avanço agropecuário. Tal como ocorre na planície do Araguaia, essa realidade reforça a urgência de estratégias de conservação que contemplem não apenas os grandes remanescentes florestais, mas também os fragmentos de menor porte, reconhecendo seu papel essencial na manutenção da conectividade e do funcionamento ecológico da paisagem (Siqueira & Faria, 2019).

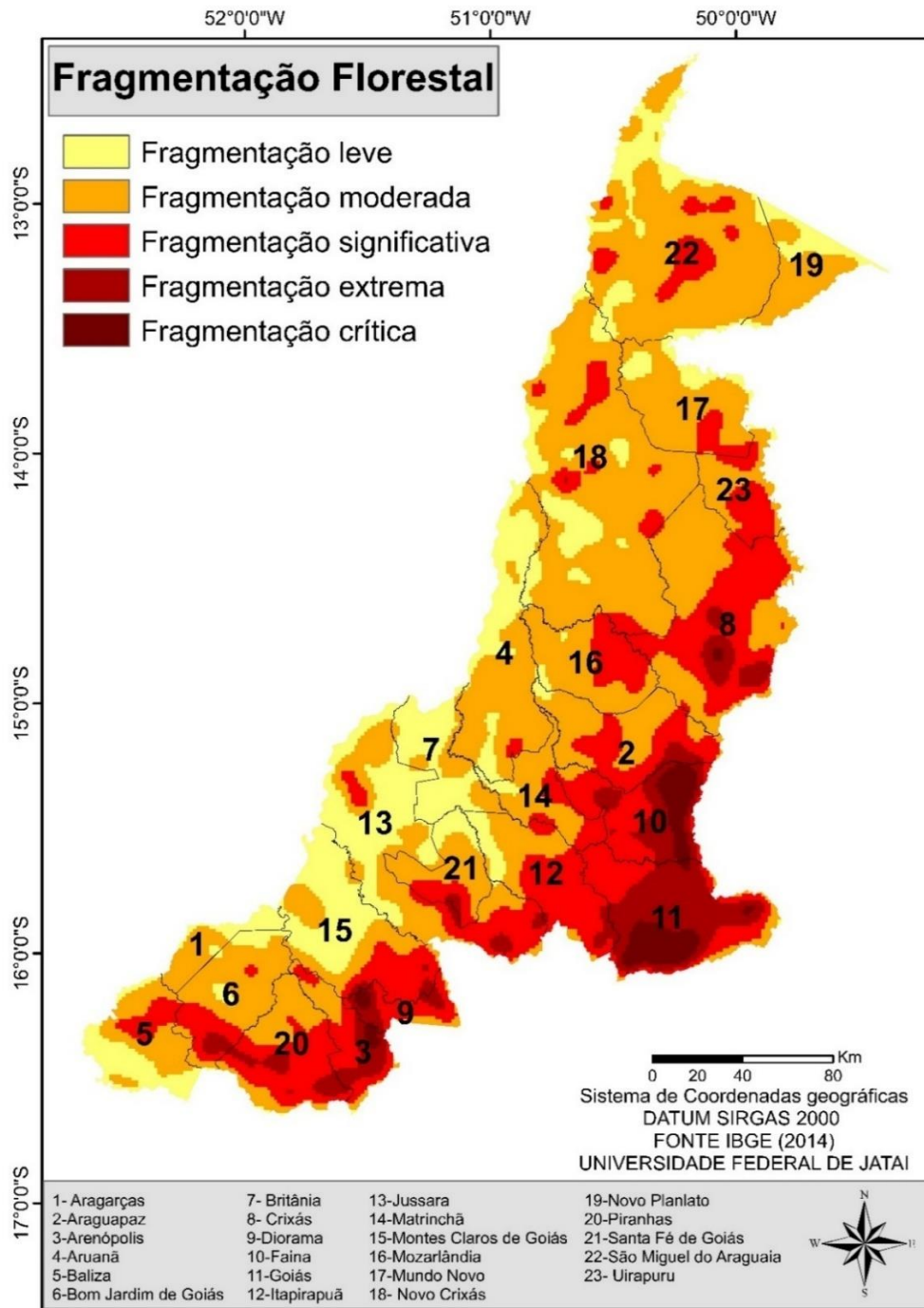


Figura 10. Densidade dos remanescentes florestais muito pequenos na mesorregião Noroeste Goiano.

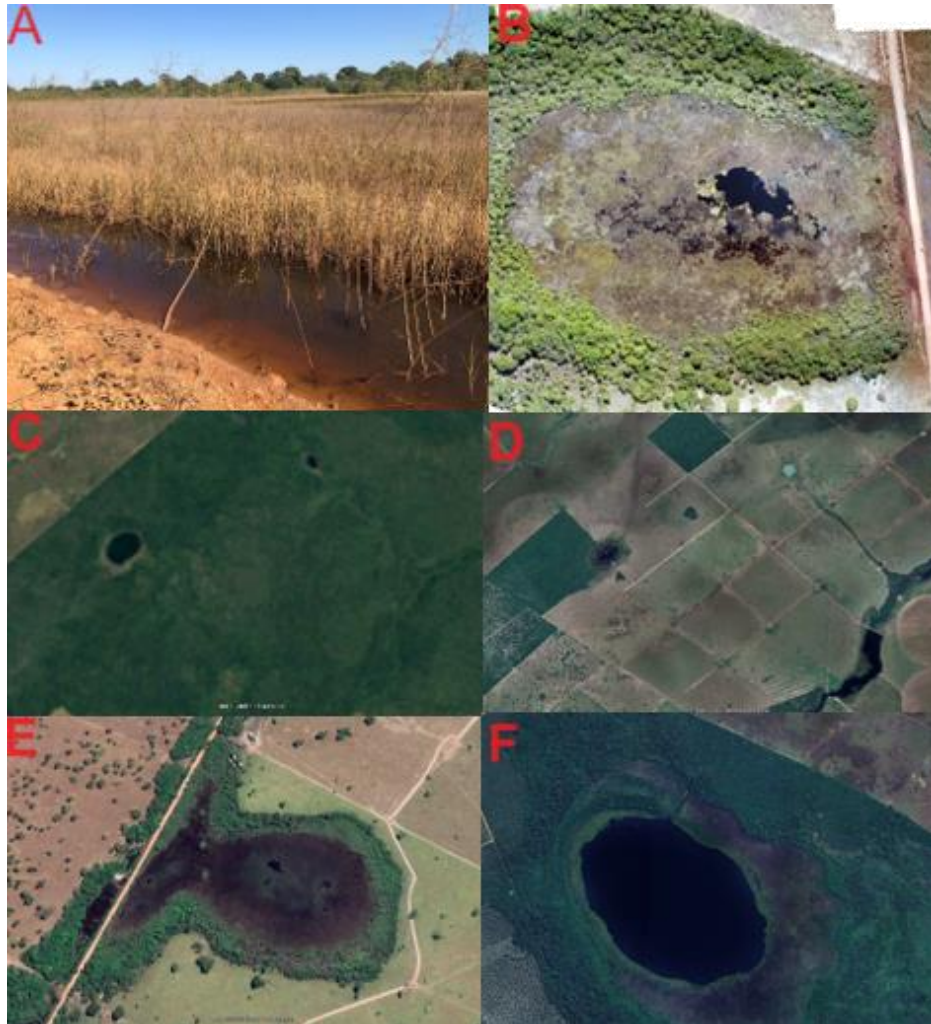
Na planície do Araguaia no Noroeste Goiano podem ser observadas formações ovaladas, isto é, feições doliniformes, que devido à presença de rochas carbonáticas no médio Araguaia, tratam-se de depressões que acumulam água na estação chuvosa e se constituem como habitats de ecossistemas úmidos. De acordo Manchola e Moraes (2023), observa-se uma concentração destas feições nos municípios de Jussara, Britânia e Aruanã.

A Figura 11 mostra a paisagem doliniforme com presença de Impuca (A) formação florestal associado às dolinas (Marimon et. al. Reis, L. N. R. e Martins, A. P.

2012) e ortomosaico de fotografias aéreas de um voo com Veículo aéreo não tripulado - VANT realizado no município de Aruanã (B). Destaca-se que elas são habitats mais úmidos dentro das savanas, abrigando uma diversidade de espécies dependentes de umidade para sobrevivência, assim como servem de abrigo temporário para as aves migratórias. Ao comparar os anos de 1985 com 2022 (C e D), notou-se que o processo de fragmentação sobre as impucas foi severo, podendo ser caracterizadas no mosaico de paisagens como unidade de fragmento florestal em completa descaracterização (D). Estes fragmentos

podem ocorrer a partir de 0,1 km de comprimento. Nas feições acima de dois km, observa-se normalmente a formação de grandes lagoas com

impucas circundantes, como é o caso da Lagoa dos Pássaros, localizada no município de São Miguel do Araguaia.



Legenda: A – Área úmida doliniforme com vegetação herbácea ao centro e no horizonte a formação florestal Impuca, localizada no município de Aruanã. B- Ortomosaico de fotografias aéreas da área A. C- Depressões circulares em áreas úmidas doliniformes com presença de lagoas em 1985, com presença de formação florestal Impucas. D- Fragmentos de Impucas e depressões circulares em áreas úmidas doliniformes com presença de lagoas em 2022. E- Impucas circundantes à uma área úmida doliniforme. F- Lagoa dos pássaros em uma área úmida doliniforme superior a 2 km.

Figura 11. Feições doliniformes com presença de Impucas na mesorregião Noroeste Goiano.

O processo de fragmentação é amplamente observado em continentes e países periféricos e em desenvolvimento. Fischer et al. (2021) apontaram que, em uma década, o número de remanescentes florestais na África aumentou de 45 milhões para 64 milhões. A fragmentação constitui um dos principais vetores de degradação ambiental dos habitats, figurando entre as cinco maiores causas da perda de biodiversidade, ao lado da superexploração dos recursos naturais, da poluição, da introdução de espécies exóticas e das mudanças climáticas (Laurance & Gascon, 1997; Laurance, 2008; Laurance, 2010). No Noroeste Goiano, a fragmentação está amplamente disseminada, e a dinâmica de uso e ocupação da terra intensifica a

vulnerabilidade dos habitats situados na planície do rio Araguaia, atualmente sob forte ameaça. Essa região encontra-se cercada por áreas que já sofreram fragmentação significativa, configurando-se como uma nova fronteira para a expansão de atividades agropastoris.

Conclusões

A Ecologia de Paisagens possibilita investigar os padrões ecológicos em uma escala horizontal, cujos habitats são influenciados pela organização e interação dos elementos presentes em uma determinada paisagem. Este campo de estudo utiliza métodos associados à Biogeografia

Insular, com o intuito de avaliar a relação entre os fragmentos de vegetação nativa e outros usos circundantes.

Essa abordagem de investigação da paisagem desempenha um papel fundamental no planejamento ambiental de uma unidade territorial específica, visando transformar a paisagem de forma a garantir a sustentabilidade dos recursos naturais e a conservação dos processos bióticos. Através da Ecologia de Paisagens, pode-se inferir a qualidade ambiental dos habitats e entender as interdependências dos elementos da paisagem e seus padrões espaciais, bem como na importância da ocorrência da vegetação nativa para manutenção de outros serviços ecossistêmicos como o de recarga de lençol e dos volumes dos rios.

Do total dos fragmentos florestais do Noroeste Goiano, apenas cerca de 23% podem estar livre da influência do efeito de borda da matriz. Embora existam enorme quantidade de fragmentos muito pequenos e pequenos dispersos na região, ainda sim eles são importantes, pois servem como abrigo temporário para a fauna durante o processo de dispersão pela matriz.

Os habitats da planície Araguaia precisam de aparatos legais para conservação dos habitats alagáveis e sazonalmente alagáveis como as Impucas. Ao contrário da região Sudeste do país, onde os processos de fragmentação são extremamente pronunciados, o Noroeste Goiano se destaca por abrigar uma considerável extensão de formação florestal em fragmentos de médios e grandes, indicando um nível moderado desse processo. Este cenário está diretamente relacionado às atividades econômicas predominantes na área, como pastagens extensivas, que enfrentam dificuldades de expansão devido à sazonalidade de alagamentos em determinadas porções da planície do Araguaia.

Este trabalho ressalta com urgência a necessidade de o poder público estabelecer mecanismos de proteção para os fragmentos médios e grandes no Noroeste goiano, os quais ainda persistem nessa região, a fim de evitar que sofram o mesmo destino dos habitats criticamente isolados em outras partes do Brasil. Além disso, reforça a necessidade de estudos biológicos adicionais para investigar a dinâmica de indivíduos e populações nesses fragmentos e entre eles.

Agradecimentos

O segundo autor agradece a bolsa Produtividade em Pesquisa (PQ2) do CNPq por meio do processo 307438/2021-0.

Referências

- Ab'Saber, A.N. (2003). *Os Domínios de Natureza no Brasil: Potencialidades Paisagísticas*. São Paulo: Ed. Ateliê Nacional.
- Andrade, Á. de S., Ribeiro, S. da C. A., Pereira, B. W. de F., & Brandão, V. V. P. (2020). Fragmentação da vegetação da bacia hidrográfica do Rio Marapanim, nordeste do Pará. *Ciência Florestal*, 30(2), 406–420. <https://doi.org/10.5902/1980509835074>
- Antonelli, V. R., Fonseca, R. C. B., Gussoni, C. O. A., Silva, L. P., Nishida, S. M., & Cavarzere, V. (2024). High avian species richness in a minute Cerrado remnant in southeastern Brazil. *Revista do Instituto Florestal*, 36, e950. <https://doi.org/10.24278/rif.2024.36e950>
- Araújo, F. de C.; Miranda, K. F.; Mendes, Carolina N.; Souza, C. R. de; Morelli, M. C. M.; Coelho, P. A.; Figueiredo, M. A. P.; Carvalho, W. A. C.; Castro, G. C. de; Fontes, M. A. L., & Santos, R. M. dos. (2022). Fragmentation effects on beta diversity of fragmented and conserved landscapes: insights about homogenization and differentiation processes. *Acta Botanica Brasilica*, 36 (e2020abb0261). <https://doi.org/10.1590/0102-33062020abb0261>.
- Arruda, E. C. de; Cunha, C. N. da, & Junk, W. J. (2023). Área Alagável do Rio Araguaia: Classificação dos Macrohabitat de uma Grande Área Úmida Savânica Tropical. *Biodiversidade Brasileira*, 13 (2), 1-24. <https://doi.org/10.37002/biobrasil.v13i2.2154>
- Assis, P. C., Silva, A. P. M., Faria, K. M. S., & Bayer, M. (2025). Implicações das transformações no uso e cobertura da terra na gestão hídrica da bacia hidrográfica do rio Araguaia. *Revista Geotemas*, 15, e02504. <https://doi.org/10.33237/2236-255X.2025.6459>
- Barreira, C. C. M. A. (1997). Região da Estrada do Boi: usos e abusos da natureza. Goiânia: Editora da UFG.
- Batalha, M. A. (2011). O Cerrado não é um bioma. *Biota Neotrop.* 11(1), 21-24. <https://doi.org/10.1590/S1676-06032011000100001>
- Bispo, A. L. da S.; Matos, M. R. B. de, & Jesus, E. N. de. (2022). Análise da fragmentação florestal da bacia hidrográfica do Rio Catu, Estado da Bahia - Brasil. *Revista Equador (UFPI)*. 11(1). 01-18. <http://www.ojs.ufpi.br/index.php/equador>.
- Bogoni, J. A.; Graipel, M. E.; Oliveira-Santos, L. G. R., Cherem, J. J., Giehl, E. L. H., & Peroni, N. (2017). What would be the diversity patterns of medium- to large-bodied mammals if the

- fragmented Atlantic Forest was a large metacommunity? *Biological Conservation*. 211 (Parte A), 85-94. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2017.05.012>. Acesso em: 15 jun. 2024.
- Cachoeira, J. N., Silva, A. D. P., Batista, A. C., Biondi, D., Giongo, M., & Ganassoli Neto, E. (2020). Dinâmica espacial da paisagem do Parque Estadual do Jalapão (TO) de 2000 a 2015. *Ciência Florestal*, 30(3), 755–766. <https://doi.org/10.5902/1980509834539>
- Diamond, J. M. (1975). The island dilemma: lessons of modern biogeographic studies for the design of natural reserves. *Biological Conservation*. 7(2). 129-146. [https://doi.org/10.1016/0006-3207\(75\)90052-X](https://doi.org/10.1016/0006-3207(75)90052-X)
- Fahrig, L. (2013). Rethinking patch size and isolation effects: the habitat amount hypothesis. *J. Biogeogr.* 40. 1649-1663. <https://doi.org/10.1111/jbi.12130>
- Farina, Almo. (2006). *Principles and methods in landscape ecology: toward a science of landscape*. Holanda: Kluwer Academic Pub.
- Fernandes, M. M., & Fernandes, M. R de M. (2017) Análise espacial da fragmentação florestal da bacia do Rio Ubá - RJ. *Ciência Florestal*. 27(4), 1429-1439. <https://doi.org/10.5902/1980509830330>
- Fernandes, M. M., Lima, A. H. S., Wanderley, L. L., Fernandes, M. R. M., & Araujo Filho, R. N. (2022). Fragmentação florestal na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, Brasil. *Ciência Florestal*, 32(3), 1227–1246. <https://doi.org/10.5902/1980509845253>
- Figueiró, A. S. (2021). BIOGEOGRAFIA, HISTORICIDADE E EPISTEME: NOTAS PARA A COMPREENSÃO DE UMA NATUREZA HÍBRIDA NO ANTROPOCENO. *HUMBOLDT*, 1(2). Recuperado de <https://www.e-publicacoes.uerj.br/humboldt/article/view/57367>
- Fischer, R, Taubert, F., Müller, M. S., Groeneveld, J., Wiegand, S. L. T., & Huth, A. (2021) Accelerated forest fragmentation leads to critical increase in tropical forest edge area. *Science Advances*, 7(45) <https://www.science.org/doi/epdf/10.1126/sciadv.abg7012>
- Forman, R. T. T., & Godron, M. (1986). *Landscape ecology*. New York: Wiley.
- Forman, R. T. T. (2006). *Land Mosaics: The ecology of landscapes and regions*. 9ª ed. Cambridge University Press.
- Guariz, H. R., & Guariz, F. R. (2020). Avaliação do tamanho e forma de fragmentos florestais por meio de métricas de paisagem para o município de São Roque do Canaã, Noroeste do Estado do Espírito Santo. *Revista Brasileira de Geografia Física*. 13(5). 2139-2153. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v13.5.p2139-2153>
- Hentz, Â. M. K., Corte, A. P. D., Doubrava, B., & Sanquetta, C. R. (2015). Avaliação da fragmentação dos remanescentes florestais da bacia hidrográfica do Rio Iguaçu – PR, Brasil. *Enciclopédia Biosfera*. 11(21). 2842 - 2858. Disponível em: <https://www.conhecer.org.br/enciclop/2015b/multidisciplinar/avaliacao%20da%20fragmentacao.pdf>
- Hessburg, P. F., Smith, B. G., Salter, R. B., Ottmar, R. D., & Alvarado, E. (2000). Recent changes (1930s–1990s) in spatial patterns of interior northwest forest, USA. *Forest Ecology and Management*, 136, 53–83.
- Hilty, J. A, Lidicker, W. Z., & Merelender, A. M. (2006). Corridor Ecological: the science and practice of linking landscapes for biodiversity conservation. USA: Andrew P. Dobson, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2023). Censo Demográfico 2022. Rio de Janeiro: IBGE. <https://basedosdados.org/dataset/08a1546e-251f-4546-9fe0-b1e6ab2b203d?table=cf9537b5-6198-455f-a8b0-7c762e94d79c>
- Juvanhol, R. S., Fielder, N. C, Santos, A. R., Pirovani, D. B., Louzada, F. L. R. O, Dias, H. M., & Tebaldi, A. L. C. (2011). Análise Espacial de Fragmentos Florestais: caso dos Parques Estaduais de Forno Grande e Pedra Azul, Estado do Espírito Santo. *Floresta e Ambiente*. 18(4). 353-364. <https://doi.org/10.4322/floram.2011.055>
- Lacerda, H. C., Mesquita, A. de O., Araújo, A. S., & Ribeiro, S. M. C. (2023). A fragmentação florestal em diferentes territórios: Estudo de caso em Querência-MT, situada no arco do desmatamento, Brasil. *Caminhos de Geografia*, 24(95), 19–33. <https://doi.org/10.14393/RCG249566556>
- Laurance, W. F., & Gascon, C. (1997). How to creatively fragment a landscape. *Conservation Biology*. 11. 577-579. <https://www.jstor.org/stable/2387637>
- Laurance, W. F. (2008). Theory meets reality: How habitat fragmentation research has transcended island biogeographic theory. *Biological Conservation*. 141: 1731-174. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.05.011>
- Laurance, W. F. (2010). Habitat destruction: death by a thousand cuts. In N. S. Shodi & P. R.

- Ehrlich (Eds.), *Conservation biology for all* (Cap. 4, pp. 76–83). Oxford University Press.
- Lima, G. S. A., Ferreira, N. C., & Ferreira, M. E. (2020). Qualidade da paisagem e perdas de solo frente à simulação de cenários ambientais no Cerrado, Brasil. *Sociedade & Natureza*, 32, 426–439. <https://doi.org/10.14393/SN-v32-2020-47029>
- Lisboa, L. S., Almeida, A. S. de, & Lameira, W. J. (2019). Análise temporal da fragmentação florestal no leste da Amazônia legal. *Novos Cadernos NAEA*, 22(3), 141–156. <https://periodicos.ufpa.br/index.php/ncn/article/view/6571/5814>
- Longo, R. M., Silva, A. L., Carvalho, M. M., & Ribeiro, A. Í. (2024). Métricas da paisagem e qualidade ambiental nos remanescentes florestais do Ribeirão Quilombo em Campinas/SP. *Ciência Florestal*, 34(1), e71899, 1–22. <https://doi.org/10.5902/1980509871899>
- Ma, J., Li, J., Wu, W., & Liu, J. (2023). Global forest fragmentation change from 2000 to 2020. *Nature Communications*, 14, 3752. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-39221-x>
- MacArthur, R. H., & Wilson, E. O. (1967). *The theory of island biogeography*. Princeton University Press.
- Machado, F. S., Moura, A. S., Mariano, R. F., Santos, R. M. dos, Garcia, P. O., Oliveira, I. R. C., & Fontes, M. A. L. (2021). Small mammals in high fragmented landscape in Cerrado/Atlantic Forest ecotone, Southeastern Brazil. *Iheringia, Série Zoologia*, 111, e2021022. <https://doi.org/10.1590/1678-4766e2021022>
- Manchola, O. E. P., & Morais, F. de. (2023). Caracterização morfométrica de feições doliniformes na Planície do Araguaia. *Sociedade & Natureza*, 35, e67351. <https://doi.org/10.14393/SN-v35-2023-67351>
- McGarigal, K., Cushman, S. A., & Ene, E. (2012). *FRAGSTATS v4: Spatial pattern analysis program for categorical and continuous maps* [Software]. University of Massachusetts. <http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.htm>
- Mendonça, M. R., & Thomaz Junior, A. (2004). A modernização da agricultura nas áreas de Cerrado em Goiás (Brasil) e os impactos sobre o trabalho. *Investigaciones Geográficas*, (55), 97–121. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-46112004000300007
- Metzger, J. P. (1999). Estrutura da paisagem e fragmentação: análise bibliográfica. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 71(3-I), 445–463.
- Metzger, J. P. (2001). O que é ecologia de paisagem? *Biota Neotropica*, 1(1), 1–9. <https://doi.org/10.1590/S1676-06032001000100006>
- Metzger, J. P., & Simonetti, C. (2003). *Conservação da biodiversidade em paisagens fragmentadas do Planalto Atlântico de São Paulo* [Relatório técnico de pesquisa, FAPESP, Processo nº 99/05123-4].
- Metzger, J. P. (2003). Delineamento de experimentos numa perspectiva de ecologia da paisagem. In L. Cullen Jr., R. Rudran, & C. Valladares-Padua (Eds.), *Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre* (pp. 539–553). UFPR/Fundação O Boticário de Proteção à Natureza.
- Monteiro, M. C., Morais, N. G., Reis, L. N. G. dos, & Perini, A. M. (2025). Análise fisiográfica da paisagem e da dinâmica do uso da terra e cobertura da vegetação nativa da mesorregião Noroeste Goiano. *Revista Geoaraguaia*, 14(2), 1–23. <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/geo/article/view/17710>
- Pinheiro, J. A. C., Fernandes-Filho, E. I., Gomes, L. C., Soares, V. P., & Sarcinelli, T. S. (2021). Forest analysis in the landscape context at São Bartolomeu river basin, Viçosa-MG. *Revista Árvore*, 45, e4533. <https://doi.org/10.1590/1806-908820210000033>
- Pires, J. M. (1973). Tipos de vegetação amazônica. In M. F. Simões (Ed.), *O Museu Goeldi no ano do sesquicentenário* (pp. xx–xx). Museu Paraense Emílio Goeldi.
- Pirovani, D. B. (2012). Uso de geotecnologias para estudo da fragmentação florestal com base em princípios de ecologia da paisagem. In A. S. Santos et al. (Orgs.), *Geotecnologias aplicadas aos recursos naturais* (pp. 24–42). CAUFES. <https://www.mundogeomatica.com/livrogeotecnologiasrecursosflorestais.htm>
- Primack, R., & Rodrigues, E. (2001). *Biologia da conservação*. Efraim Rodrigues.
- Püttker, T., Bueno, A. A., da Rocha, D. G., Pardini, R., & Metzger, J. P. (2020). Indirect effects of habitat loss via habitat fragmentation: A cross-taxa analysis of forest-dependent species. *Biological Conservation*, 241, 108368. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.108368>
- Reis, L. N. G. dos, & Nishiyama, L. (2017). A estrutura espacial dos fragmentos de vegetação nativa da bacia hidrográfica do Rio Araguaia em Minas Gerais. *Geosul*, 32(65), 30–48.

- <https://doi.org/10.5007/2177-5230.2017v32n65p30>
- Ribeiro, M. P., Mello, K., & Valente, R. A. (2020). Avaliação da estrutura da paisagem visando à conservação da biodiversidade em paisagem urbanizada. *Ciência Florestal*, 30(3), 819–834. <https://doi.org/10.5902/1980509837683>
- Ribeiro, J. F., & Walter, B. M. T. (2008). As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. In S. M. Sano, S. P. Almeida, & J. Ribeiro (Orgs.), *Ecologia e flora* (Vol. 1, pp. 152–212). EMBRAPA.
- Rocha, E. C., Brito, D., Silva, P. M., Silva, J., Bernardo, P. V. dos S., & Juen, L. (2018). Effects of habitat fragmentation on the persistence of medium and large mammal species in the Brazilian Savanna of Goiás State. *Biota Neotropica*, 18(3), e20170483. <http://dx.doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2017-0483>
- Salomão, N. V., Silva, L. S. da, Fernandes, G. W., Piuzana, D., Gonzaga, A. P. D., & Machado, E. L. M. (2023). Criteria for the implementation of ecological corridors in fragmented areas in southern Brazil. *Ciência Florestal*, 33(1), e70337. <https://doi.org/10.5902/1980509870337>
- Silva, A. L., & Longo, R. M. (2020). Ecologia da paisagem e qualidade ambiental de remanescentes florestais na sub-bacia hidrográfica do Rio Atibaia dentro do município de Campinas-SP. *Ciência Florestal*, 30(4), 1176–1191. <https://doi.org/10.5902/1980509842640>
- Silva, F. P., & Santos, C. A. B. (2020). Impactos sobre a conservação de recursos naturais em áreas de exploração mineral. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, 7(17), 1471–1482. [https://doi.org/10.21438/rbgas\(2020\)071727](https://doi.org/10.21438/rbgas(2020)071727)
- Siqueira, M. N., & Faria, K. M. S. (2019). Análise da dinâmica da paisagem no município de Rio Verde, Goiás, Brasil: uma ferramenta para a escolha de áreas prioritárias para a conservação. *Sociedade & Natureza*, 31, e38832. <https://doi.org/10.14393/SN-v31-2019-38832>
- Teixeira, L., Azevedo, F. D., Dalmas, F. B., Saad, A. R., Paranhos Filho, A. C., & Andrade, M. R. M. de. (2018). Fragmentação da paisagem no município de Bragança Paulista-SP. *Ciência Florestal*, 28(3), 937–948. <http://dx.doi.org/10.5902/1980509833360>
- Troll, C. (1939). Luftbildplan und ökologische Bodenforschung. *Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin*, 1939, 241–298.
- Valeri, S. V., & Senô, M. A. A. F. (n.d.). *A importância dos corredores ecológicos para a fauna e a sustentabilidade de remanescentes florestais* [Relatório técnico ou artigo online]. http://www.clienteg3w.com.br/celiarusso/site/corredores_ecologicos.pdf
- Walter, H. S. (2004). Guest editorial: The mismeasure of islands: Implications for biogeographical theory and the conservation of nature. *Journal of Biogeography*, 31(2), 177–197. <http://www.jstor.org/stable/3554649>
- Wiens, J. A., Stenseth, N. C., Van Horne, B., & Ims, R. A. (1993). Ecological mechanisms and landscape ecology. *Oikos*, 66, 369–380. <https://doi.org/10.2307/3544931>
- Winagraski, E., Deus, K. H. P., Marcelino, V. R., & Oliveira Filho, P. C. de. (2018). Fragmentação florestal do entorno da Floresta Nacional de Irati. *Ciência e Natura*, 40, e14. <https://doi.org/10.5902/2179460X29561>
- Whittaker, R. H., Levin, S. A., & Root, R. B. (1973). Niche, habitat, and ecotope. *The American Naturalist*, 107(955), 321–338.