

**O Geoprocessamento e a Ecologia de Paisagens para Avaliação da
Fragmentação e da Conectividade dos Habitats da Microrregião de Ceres,
Goiás (Brasil)**

Josimar dos Reis de Souza

Professor Doutor, CEFET-MG, Brasil
josimarsouza@cefetmg.br

Laís Naiara Gonçalves dos Reis

Professora Doutora, UEG, Brasil.
geografalais2013@gmail.com

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo mapear e avaliar a evolução da fragmentação dos habitats entre 2009 e 2018, tendo como referência amostral a Microrregião de Ceres (Goiás), utilizando princípios da Ecologia da Paisagem. A metodologia compreendeu o mapeamento dos fragmentos nos dois anos analisados, com a utilização do sensor OLI/Landsat 8, com o uso das cenas 222/70 e 222/71. Utilizou-se o software SPRING 5.2 onde foi realizada a classificação supervisionada, aplicando o processo semiautomático. O algoritmo computacional aplicado para classificar as cenas foi o Maxver, que classifica pixel por pixel e agrupa as informações de cada um em regiões homogêneas. Após a extração dos fragmentos de vegetação nativa, seguiu-se a metodologia proposta de Juvanhol et al. (2011), no qual os fragmentos foram agrupados nas classes: Muito Pequeno (MP) ≤ 5 hectares; Pequeno (P) $\geq 5,01$ e ≤ 10 hectares; Médio (M) $\geq 10,01$ e ≤ 100 hectares e Grande (G) $\geq 100,01$ hectares. Para a análise baseada nas métricas em Ecologia de Paisagens foi utilizada a extensão Patch Analyst do ArcGis 9.2. Os resultados apresentaram a ampliação das áreas de cobertura vegetal na área de estudos, concentradas topos de morros, APP e reservas legais. Entretanto, apontaram intensa fragmentação da vegetação nativa, o que dificulta o desempenho dos fragmentos como habitats. Considera-se que, a partir da problemática contemporânea de degradação dos ambientes naturais em detrimento do desenvolvimento econômico, estudos como esse são necessários no sentido de identificar os problemas ambientais existentes e propor estratégias para minimizar e mitigar os desequilíbrios ecológicos.

PALAVRAS-CHAVE: Fragmentos Florestais. Geoprocessamento. Ecologia de Paisagem.

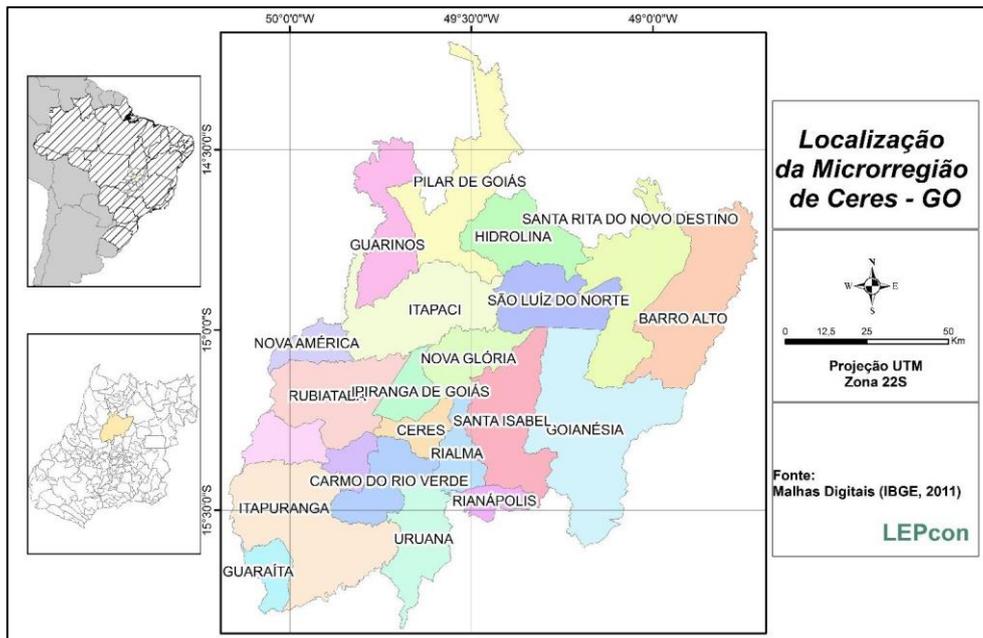
1 INTRODUÇÃO

A análise do espaço geográfico permite compreender a relação do homem com a natureza. Afirmando esta ideia de unidade dialética, as questões ambientais ganharam relevância nas discussões sobre o ordenamento do território. Nesta perspectiva, a Geografia firmou-se como ciência responsável por integrar as partes do meio físico (Litosfera, Hidrosfera, Pedosfera, Biosfera) e, para além disso, apresentar a compreensão delas correlacionadas e dos processos dinâmicos de interação com o homem (BERTRAND, 1968). Neste processo de produção da natureza, o meio tem sido afetado diretamente pelas consequências das dinâmicas socioeconômicas do uso e ocupação do espaço que essa tem ocasionado desequilíbrios ecológicos no ecossistema, nos quais as áreas de vegetação natural ainda existentes têm sofrido cada vez mais a pressão das atividades econômicas, além de outros processos de degradação.

A partir da problemática contemporânea de degradação dos ambientes naturais em detrimento do desenvolvimento econômico, estudos são necessários no sentido de identificar os problemas ambientais existentes e propor estratégias para minimizar e mitigar os desequilíbrios ecológicos. Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivo mapear e avaliar a evolução da fragmentação dos habitats do Centro Goiano entre 2009 e 2018, tendo como referência amostral os fragmentos florestais da Microrregião de Ceres (Goiás), utilizando princípios da Ecologia da Paisagem.

A Microrregião de Ceres (figura 1) é umas das dezoito microrregiões do estado de Goiás. Está localizada na mesorregião Centro-Goiano, e possuía, em 2020, uma população total de 231.239 habitantes (IBGE, 2020). Tem área aproximada de 13.163 km² (IBGE,2020), o que corresponde a 3,87% da área total do estado de Goiás. É formada por 22 municípios, sendo eles: Barro Alto, Carmo de Rio Verde, Ceres, Goianésia, Guaraíta, Guarinos, Hidrolina, Ipiranga de Goiás, Itapaci, Itapuranga, Morro Agudo de Goiás, Nova América, Nova Glória, Pilar de Goiás, Rialma, Rianópolis, Rubiataba, Santa Isabel, Santa Rita do Novo Destino, São Luiz do Norte, São Patrício e Uruana.

Figura 1: Localização da Microrregião de Ceres, Goiás



Fonte: Autores, 2020.

A área de estudo está inserida no Bioma Cerrado, caracterizado por uma dinâmica climática específica (duas estações bem definidas), com verão chuvoso e inverno seco. Possui média anual de precipitação de 1.500 mm por ano, com média térmica de 18°C no inverno e 22°C no verão. Apresenta contraste na hipsometria entre 300 e 1.600 metros. A maior parte desse bioma está localizada no Planalto Central Brasileiro, sendo o segundo do país em extensão. O Cerrado apresenta diferentes fitofisionomias tais como: formações florestais (Mata Ciliar, Mata de Galeria, Mata Seca e Cerradão). Savânicas - Cerrado sentido restrito, Parque de Cerrado, Palmeiral e Vereda) e campestres (Campo Sujo, Campo Limpo e Campo Rupestre (RIBEIRO; WALTER, 2008).

2 ECOLOGIA DE PAISAGENS: REFLEXÕES INICIAIS

O Cerrado brasileiro apresenta considerável riqueza de diversidade biológica, com cerca de 200 espécies de mamíferos, 800 de aves, 180 de répteis, 150 de anfíbios e 1.200 de peixes. É o segundo maior bioma em extensão da América do Sul, ao passo que é aquele que possui menor porcentagem de áreas com proteção integral, sendo apenas 8,21% da área de 2.036.448 km² encontra-se legalmente protegida (ICMBIO, 2007).

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2020), o Cerrado detém 5% da biodiversidade do planeta, porém é o bioma mais ameaçado do país. Estima-se que 47,84 % da área do Cerrado já tenha sido desflorestada até 2008. Esse processo ocorre em função das características do mesmo que são propícias à agricultura e pecuária, e pela crescente demanda por carvão vegetal para indústria siderúrgica (expansão da silvicultura). Dessa forma, a paisagem do Cerrado apresenta habitats fragmentados, o que é um problema para conservação da biodiversidade do bioma.

Essa forma de apropriação/organização do espaço tem sido a maior responsável pela degradação dos ecossistemas, como o isolamento geográfico dos habitats, por exemplo, em que a biodiversidade natural fica ameaçada, por existir dificuldade de troca de genes e de competição por alimentos nos fragmentos florestais. Metzger (1999) aponta que o processo de fragmentação dos habitats naturais é resultado das ações humanas, porque elas alteram a continuidade da paisagem, ocasionando mudanças na estrutura e na composição das áreas de vegetação nativa e conseqüentemente ocorre a perda da biodiversidade.

Para Pirovani (2010), a fragmentação é caracterizada pela ruptura de uma unidade contínua, restando elementos menores que apresentam dinâmicas e processos ecológicos distintos da unidade original. Cada mancha se constitui como ecótopo da paisagem. Para o autor, se faz necessário estudar a dinâmica e o funcionamento ecológico desses fragmentos, a partir da Ecologia da Paisagem e dos parâmetros métricos de investigação da qualidade ecológica dos habitats de vegetação nativa.

O estudo dos fragmentos pautados nos limiares da Ecologia de Paisagens é fundamental para compreender o funcionamento ecológico em escala regional. Qualquer alteração em um fragmento, em relação ao tamanho e sua forma, pode ocasionar a redução populacional das espécies, interferir nos fluxos vitais desse sistema, comprometendo a biodiversidade natural nesses locais. Para Primack e Rodrigues (2001), quando a vegetação natural é destruída ou degradada, fragmentos de habitats geralmente são abandonados pelas espécies, que migram para outros fragmentos de maior porte, correndo riscos nesse processo.

Na subdivisão da Ecologia da Paisagem, existem índices que possibilitam compreender e avaliar o funcionamento ecológico dos fragmentos: tamanho, área central, forma, diversidade, etc. Todas essas características estão correlacionadas diretamente e vão influenciar no efeito de borda. Esse influencia diretamente no ecossistema e na biodiversidade natural, já que as bordas são os locais de interação com a matriz, que limitam unidades bióticas distintas (HILTY *et al.*, 2006).

3 METODOLOGIA

Inicialmente foi realizado o mapeamento dos fragmentos de vegetação nativa da Microrregião de Ceres, tendo como base os anos de 2008 e 2019. O sensor utilizado neste processo foi o OLI/Landsat 8, que apresenta resolução espacial de 30 metros. As cenas utilizadas estão descritas no quadro 1. Para a extração das informações utilizou-se o software SPRING 5.2 onde foi realizada a classificação supervisionada, aplicando o processo semiautomático, isto é, agrupamento dos pixels semelhantes, por meio do processo de segmentação (área de pixel 15 e similaridade 18). Esta etapa caracterizou-se pelo reconhecimento de padrões de alvos homogêneos, distinguindo as áreas que apresentam comportamentos espectrais diferenciados na superfície, com a eficiência do algoritmo e a capacidade de reconhecer as feições do usuário.

Quadro 1: Identificação das cenas utilizadas para o mapeamento

Órbita/ponto	Data	Data
222/70	11/09/2009	04/09/2018
222/71	08/10/2009	11/09/2018
222/70	11/09/2009	04/09/2018

Fonte: Landsat 8, 2009 e 2018.

O algoritmo computacional aplicado para classificar as cenas do sensor OLI/Landsat 8 foi o *Maxver*, que classifica pixel por pixel e agrupa as informações de cada um em regiões homogêneas. Esta classificação associa cada pixel à classe com maior probabilidade de gerar um outro, com as suas características (JENSEN, 1996). O desempenho e limiar de aceitação do mapeamento estão descritos no quadro 2.

Quadro 2: Média dos resultados da classificação semiautomática dos fragmentos florestais de vegetação nativa

Classificação semiautomática dos Fragmentos Florestais	
Desempenho médio 91,00%	Limiar de aceitação 95%
Abstenção Média 9,00%	Classificador Maxver
Confusão 0,00%	

Fonte: Autores, 2020.

Após a extração dos fragmentos de vegetação nativa, seguiu-se a metodologia proposta de Juvanhol *et al.* (2011), no qual os fragmentos foram agrupados nas classes: Muito Pequeno (MP) ≤5 hectares; Pequeno (P) ≥5,01 e ≤ 10 hectares; Médio (M) ≥10,01 e ≤ 100 hectares e Grande (G) ≥100,01 hectares. Baseou-se na literatura referente à fragmentação dos habitats, que indica que os fragmentos de vegetação nativa maiores, ou manchas próximas e com formatos mais arredondados são melhores ecologicamente do que as menores mais distantes e formas irregulares.

Para a análise baseada nas métricas em Ecologia de Paisagens foi utilizada a extensão *Patch Analyst* do *ArcGis 9.2*. Foram calculados os índices, conforme as equações 1 a 6.

A equação 1, que descreve a relação entre perímetro e área do fragmento de vegetação nativa, em que L= Perímetro e S= Área.

$$\frac{L}{S} \tag{1}$$

A equação 2, que se trata da correlação entre perímetro e área está descrito na equação 2, Em que L= Perímetro, S= Área e a constante (=282).

$$\frac{282 \times L}{\sqrt{S}} \tag{2}$$

A equação 3, que aponta a densidade de fragmentos de vegetação nativa no mosaico da paisagem, em que Ni é o número de patches da área de estudo e Li é o perímetro.

$$\frac{Ni}{A} \tag{3}$$

A equação 4, que corresponde ao índice de Hulshoff (1995), em que se Li aponta valores altos indica a presença de muitos fragmentos com áreas pequenas, Si é a área total dos fragmentos e Ni é o número de patches.

$$\frac{1}{Ni} \sum \frac{Li}{Si} \quad (4)$$

O tamanho médio dos fragmentos (*Mean Patch Size* - MPS) é estimado pela equação 5, em que ni é o número de patches e aij é a área de cada patch.

$$\frac{\sum_{j=1}^n aij}{ni} \quad (5)$$

A equação 6, aponta a área do maior fragmento da matriz (*Largest Patch Size* - LPS), em que A é a área da paisagem.

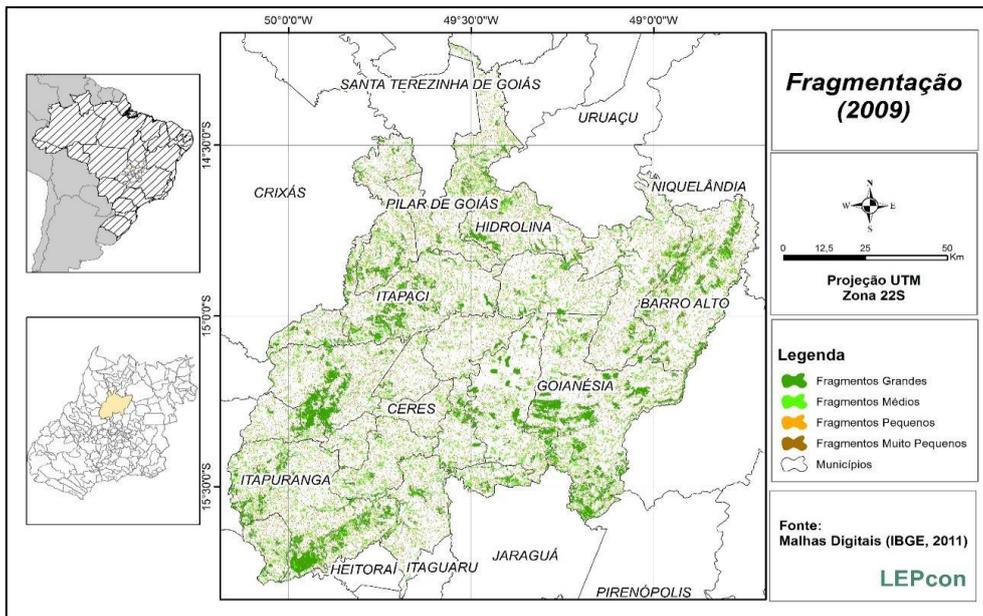
$$\frac{\text{Max}(aij)}{A} 100 \quad (6)$$

Após a geração dos resultados das equações os dados foram exportados para planilhas no formato *Excel 2020* para a análise. Os resultados do mapeamento foram exportados no formato jpeg. Também foram produzidos gráficos para auxiliar na análise, que é apresentada a seguir.

4 MAPEAMENTO MULTITEMPORAL DA COBERTURA VEGETAL NATIVA DA MICRORREGIÃO DE CERES (2009 – 2018)

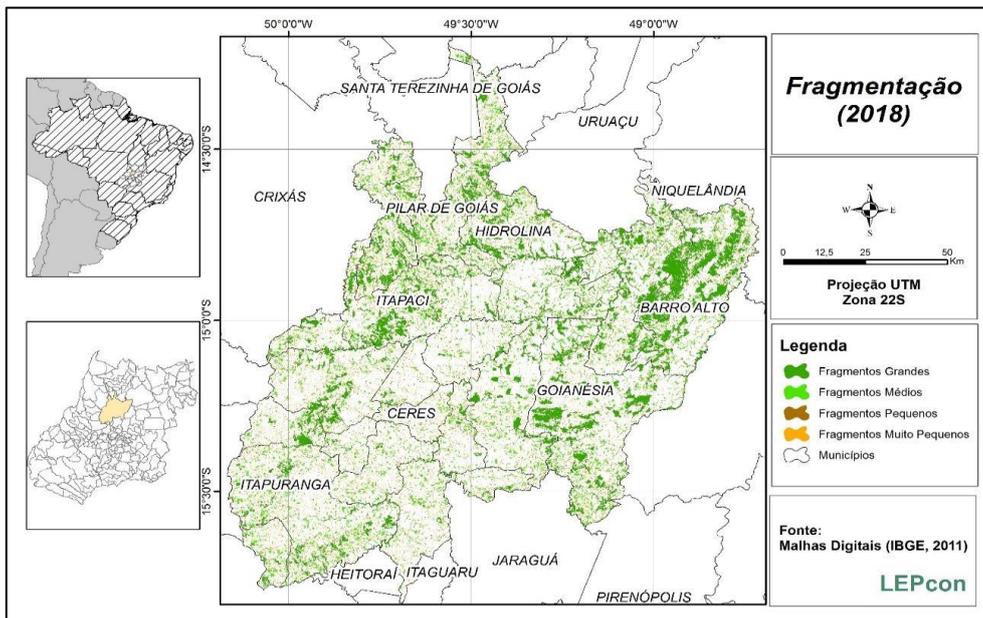
O mapeamento da cobertura vegetal nativa da Microrregião de Ceres (figuras 2 e 3) para os anos de 2009 e 2018 indicaram que houve um aumento da cobertura vegetal na região. Esse resultado, na realidade, contrariou a lógica do cenário nacional, em que os percentuais de desmatamento aumentaram, sobretudo no atual arco do desmatamento, que tem ocorrido na porção do território brasileiro que abrange os estados do Mato Grosso, Pará Sul do Amazonas e Acre.

Figura 2: Vegetação Nativa na Microrregião de Ceres no ano de 2009



Fonte: IBGE, 2020.

Figura 3: Vegetação Nativa na Microrregião de Ceres no ano de 2018

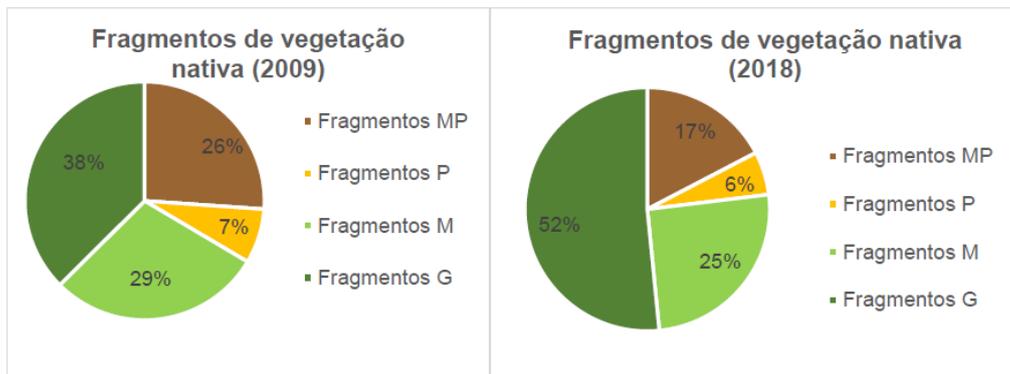


Fonte: IBGE, 2020.

Apesar do aumento verificado, considerando a realidade da microrregião, observou-se que as áreas de vegetação natural se restringem, em sua maioria, a áreas já destinadas para esse fim, como topos de morros com relevos impróprios para algumas atividades, Áreas de Preservação Permanente (APP's), e reservas legais. Destaca-se a região noroeste da Microrregião, como os municípios Barro Alto, onde observou-se o maior incremento de vegetação nativa, que em números percentuais foi igual a 5%.

Apesar do aumento da cobertura vegetal, a fragmentação de habitats ainda é um grave problema ecológico para a Microrregião de Ceres. Os números mostram que a fragmentação está presente em diferentes níveis, tanto com a existência *patches* grandes como também com muito pequenos, sendo que este último não cumpre a função de habitat, pela pouca oferta de recursos para a manutenção da vida dos animais. As figuras 4 e 5 mostram como se encontra a fragmentação das áreas naturais na Microrregião de Ceres.

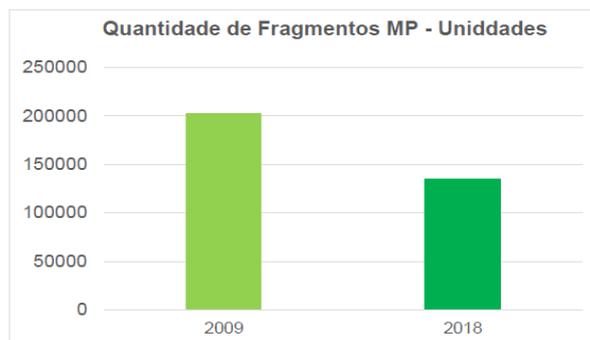
Figuras 4 e 5: Categoria dos fragmentos de vegetação nativa da área de estudo (2009 – 2018)



Fonte: Autores, 2020.

Apesar do aumento de área florestal em algumas áreas, houve o incremento de desmatamento das unidades dos fragmentos muito pequenos, que apresentaram redução de cerca de 9 %, conforme indica a figura 6. Ecologicamente, isso implica em dizer que a quantidade de abrigos temporários para a fauna silvestre diminuiu no mosaico da paisagem fragmentada, o que certamente contribui para o processo de isolamento geográfico.

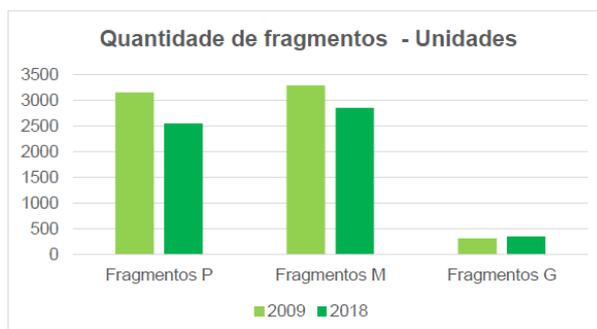
Figura 6: Expansão do processo de fragmentação (2009 – 2018)



Fonte: Autores, 2020.

A figura 7 aponta a comparação entre as categorias de fragmentos MP, P, M e G.

Figura 7: Comparação entre as categorias dos fragmentos (2009 – 2018)



Fonte: Autores, 2020.

Em 2018, as categorias MP, P e M também apresentaram redução em relação ao ano de 2009. Destaca-se que a manutenção destes fragmentos menores espalhados pelo mosaico da paisagem é um fator importante, para a diminuição do grau de ameaça ao isolamento das espécies, uma vez que esse isolamento se configura como ameaça de extinção em decorrência da competição por recursos e decréscimo da taxa de recolonização em um habitat fragmentado. Tal constatação se baseia na teoria da percolação, que tem como regra básica a premissa que um organismo precisa encontrar pelo menos um recurso ao se movimentar pela matriz (FARINACI, 2008). Sobre a categoria G, chamou a atenção o aumento desses fragmentos entre os anos analisados, que ocorreu devido a junção de fragmentos médios com áreas de APP. A quantidade passou de 319 para 356 unidades.

5 A PAISAGEM FRAGMENTADA NA MICRORREGIÃO DE CERES

O processo de fragmentação dos habitats pode ser atribuído à diversas causas, que podem ser divididas entre as antrópicas e as naturais. Sendo que a última pode estar associadas às oscilações climáticas, diferenciação do solo, surgimento de barreiras topográficas, sedimentação dos rios e mares e processos temporários ou permanentes de alagamento. É importante observar que esses processos ocorrem em um período geológico relativamente grande, o que minimiza seus efeitos negativos sob a vida, pois permite que parte das espécies se adapte às mudanças do meio. Além disso, quando observado suas implicações ao longo de uma escala geológica, pode-se destacar resultados positivos, como diferenciação genética e a formação de novas espécies, sendo, portanto, extremamente relevante na formação de biodiversidade (RIBEIRO; RIVAS; SANTOS, 2012).

Em relação às causas antrópicas, observa-se que elas são as de maior proporção e de impacto, ocasionando a formação de manchas (*patches*) e alterações globais nos habitats, consideradas as causas de evento de extinção em massa (MELLO, 2014). Os fatores antrópicos de relevância para degradação ambiental são observados na exploração agropecuária, extração de madeira, caça, queimadas, urbanização, lazer e na implantação de infraestrutura de transporte, saneamento e energia (RIBEIRO; RIVAS; SANTOS, 2012).

Segundo Rodrigues e Nascimento (2006), a fragmentação de habitats provocada pelas atividades humanas gera efeitos que se concentram na área de borda. As queimadas ou aplicação de produtos químicos, e/ou efeitos mais profundos podem alcançar o centro dos fragmentos. Outros impactos negativos são a caça, a exploração madeireira e até mesmo a chuva ácida, que também podem atingir ao interior de um fragmento.

No Cerrado, grande parte do que resta da vegetação natural encontra-se como fragmentos florestais. A formação destes fragmentos pode estar ligada a diversos processos. Ainda se destaca dentro da fragmentação a formação de clareiras (perfuração), construção de estradas ou cercas divisórias de terrenos (dissecção), fragmentação, a redução e a perda de habitat (MELLO, 2014).

Na perfuração, uma parte da vegetação é retirada do interior da mata, formando assim clareiras, estas que geram consequências de fragmentação de dentro para fora. Já na dissecção, a vegetação é dividida por algum tipo de construção antrópica, como estradas, muros e cercas, provocando a formação de dois fragmentos distintos. A fragmentação é tida como a divisão de um ambiente, formando fragmentos de vegetação isolados uns dos outros. No processo de redução, um ambiente já fragmentado é reduzido pela ação antrópica ou mesmo pelos efeitos da formação de bordas.

Analisando todos estes processos, percebe-se que existe uma ordem, em que geralmente eles ocorrem, iniciando-se com a perfuração e dissecção e culminando na fragmentação, que tem como consequência a redução e perda de habitats. Dessa forma, a formação de fragmentos florestais passa por uma série de processos e perturbações históricas que sucessivamente e conjuntamente proporcionam a perda de vegetação e biodiversidade como um todo (MELLO, 2014).

Todos estes processos mencionados, anteriormente, tendem a provocar, como visto, a formação de manchas ou mesmo perda total de habitats, ocasionando a diminuição do tamanho das populações, interrupção ou redução da migração e imigração (MELLO, 2014), além de diversas perturbações, que conjuntamente causam alterações nos micro-habitats das bordas dos fragmentos, podendo provocar, por exemplo, povoamento de espécies exóticas e ataque de pragas, o que influencia diretamente na qualidade ou mesmo continuação da vida das espécies nativas, e dificulta a regeneração do ambiente (SAMPAIO, 2011).

Após o mapeamento da vegetação nativa da Microrregião foram extraídas as métricas da paisagem para avaliação do processo de fragmentação da região. Do total dos fragmentos de vegetação nativa (FVN) mapeados com base 2018, a maior parte (134.489 unidades) estava inserida na classe de fragmentos muito pequenos. Tem-se que esses fragmentos são sensíveis ao processo de alteração da paisagem pela atividade humana. Sabe-se que o ideal para a conservação da biodiversidade é a manutenção de fragmentos com áreas maiores, em função da quantidade e qualidade de recursos para a biota, porém o efeito SLOSS (*Several Small Patches*), também apresenta funcionalidade na paisagem. Essas áreas são consideradas como abrigo temporário para a fauna (fenômeno trampolim) e evitam o isolamento geográfico das mesmas (FORMAN, 2006).

As métricas referentes à borda dos fragmentos são importantes para as tomadas de decisão, no que tange às estratégias para diminuir a influência das externalidades provenientes da matriz (espécies exóticas, temperatura e umidades diferentes, etc.). A densidade das bordas

do fragmento (ED) é a relação do perímetro de bordas com a área do fragmento e revela a relação entre a forma e o tamanho do fragmento, indicando que os fragmentos grandes da microrregião de Ceres apresentaram potencialidade maior para conservação da biodiversidade (JUVANHOL; FIEDLER, 2001). Já as métricas de borda (TE) revelaram que a somatória dos perímetros de todos os fragmentos muito pequenos apresentou o maior valor de borda entre todas as categorias (muito pequeno, pequeno, médio e grande), isto ocorre em razão da quantidade de unidades dessa categoria. Os dados evidenciaram que os fragmentos estão dispersos na paisagem sem planejamento adequado quanto à forma, apresentando formas irregulares.

O indicador que avalia a forma do fragmento (MSI) aponta a geometria dos fragmentos que podem ser classificadas em regulares ou irregulares. Os fragmentos muito pequenos e pequenos apresentaram formas mais regulares, diferentemente dos fragmentos médios e grandes. Em relação ao distanciamento da figura circular para os fragmentos médios e grandes, pode-se dizer que eles estão conectados com as APP's, e como elas acompanham o delineamento das drenagens, portanto formatos irregulares e alongados. Destaca-se que a preocupação com a forma dos fragmentos é fundamental para garantir a qualidade dos habitats, e, por conseguinte a conservação da biodiversidade.

6 EFEITO DE BORDA: REFLEXÕES SOBRE AS CONSEQUÊNCIAS DA FRAGMENTAÇÃO DE HABITATS

A fragmentação antrópica dos habitats afeta principalmente o equilíbrio dos ambientes naturais, o que pode comprometer a presença de algumas espécies ou mesmo a redução de suas populações. Isso acontece, por exemplo, por conta da obstrução da migração e dispersão de espécies, que em última instância resulta em perda de biodiversidade (BARROS, 2006). Em relação a forma e tamanho do fragmento, a diminuição do ambiente coeso para remanescentes menores faz esses se tornem mais sensíveis às condições externas, resultando no que se denomina efeito de borda (BATISTA *et al.*, 2013). Tal efeito está associado a área da vegetação natural que se encontra em contato com ambiente antropizado, gerando alterações de fora para dentro, influenciadas pela área aberta (SANTIAGO, 2008).

Naturalmente, as bordas existentes em um habitat não fragmentado são compostas por diferentes comunidades biológicas que se relacionam, o que gera consequências positivas a manutenção da biodiversidade da paisagem. Todavia, as bordas formadas por ação antrópica são comumente rodeadas por áreas agrícolas e pastoris, extração madeireira e/ou desmatamento, queimadas, construção de moradias e outras diversas intervenções humanas, que desestabilizam o ecossistema na borda do fragmento, provocando o chamado efeito de borda (RIBEIRO; RIVAS; SANTOS, 2012).

O efeito de borda é constituído por diferentes tipos de consequências, impostas diretamente à borda logo após a formação do ambiente fragmentado. Os efeitos abióticos ocorrem diante de alterações nas condições microclimáticas das bordas do fragmento. O microclima de um determinado ambiente se refere às características ambientais naturais e favoráveis a vida ali existente, se referindo, portanto, a incidência solar, temperatura média do ar e do solo, umidade média do ar e do solo, pH do solo e correntes de ar. Dessa forma, com a

formação de uma mancha de vegetação, suas bordas passam a ter todas estas características modificadas em relação ao centro do fragmento, provocando inúmeras alterações posteriores, como os efeitos bióticos (BLUMENFELD, 2008).

As bordas dos fragmentos passam a sofrer também aumento na incidência solar, principalmente no amanhecer e no entardecer, momentos em que a luz solar atinge diretamente o ambiente de borda. Este fato provoca diversas alterações biológicas, entre as quais anormalidades no processo de germinação e desenvolvimento de plantas. Além disso, o aumento da luminosidade desencadeia o aumento da temperatura no ambiente, afetando a umidade do ar e do solo (BARROS, 2006). Nos fragmentos da Microrregião de Ceres, observou-se o crescimento exacerbado de plantas conhecidas como lianas, vegetais arbustivos que apresentam pequeno diâmetro e altura, consequência de maior luminosidade.

Já com a alteração do fluxo de correntes de ar, fica comprometida a circulação de umidade decorrente da transpiração das plantas entre o centro e as extremidades do fragmento, provocando a heterogeneidade da distribuição deste fator abiótico em todas as partes do ambiente florestal. Além disso, o vento vindo do meio externo tende a aumentar a temperatura e diminuir a umidade do interior do fragmento, somando-se ao aumento provocado pela radiação solar. Por último, intensas correntes de ar podem influenciar no desgaste estrutural da vegetação mais externa do fragmento, havendo grande ocorrência de quebra de galhos e troncos, ou mesmo a queda de árvores inteiras arrancadas pelas raízes (BARROS, 2006).

No estudo de efeito de borda, vários fatores devem ser considerados, entre os quais se destacam o tamanho e a forma dos fragmentos, estes que diz respeito ao grau de exposição dos fragmentos a matriz e a conseqüente magnitude das alterações. Dessa forma, quanto menor o tamanho e mais sinuoso ou irregular for a forma do fragmento, maior a área de contato e, portanto, maior o efeito de borda (RIBEIRO; RIVAS; SANTOS, 2012). Além disso, o grau de isolamento do fragmento também deve ser considerado como visto na Biogeografia insular (MELLO, 2014).

Além dos efeitos diretos nas comunidades biológicas, a formação de bordas produz efeitos indiretos, causando uma série de mudanças comportamentais que geram, por conseguinte, diversas outras alterações, visto que em uma comunidade relações interespecíficas são inviavelmente importantes a manutenção da vida. Dessa forma, entre os efeitos bióticos indiretos ocorridos nas bordas destaca-se o aumento no índice de herbivoria (RIBEIRO; RIVAS; SANTOS, 2012), provocando grandes desgastes físicos de folhas, frutos e sementes nos vegetais, tendo por consequência a alteração de processos como polinização e dispersão de sementes, ligado ao desgaste do comportamento dos agentes responsáveis, sendo estes principalmente insetos, mamíferos e aves.

7 CONSIDERAÇÕES

Considera-se que o estudo ora apresentado tem sua importância, ao possibilitar o conhecimento da paisagem do Cerrado em seus aspectos funcionais e ecológicos. Em síntese, diferente das expectativas e de acordo com a metodologia do trabalho, a vegetação nativa na microrregião de Ceres aumentou no período entre 2008 e 2018, em função da conservação de

parte nas áreas de APP e Reservas Legais. As hipóteses levantadas para esta crescente se resumem à aplicação do Código Florestal, que exige a proteção das margens dos cursos d'água e estabelece na região a manutenção de 20% do solo coberto por vegetação natural.

Embora o aumento verificado da vegetação seja positivo, é importante ressaltar que a fragmentação dos habitats é ainda um dado preocupante na microrregião analisada, pois acarreta graves problemas ecológicos envolvendo a flora e a fauna, sobretudo na dispersão das sementes e na formação de ambientes de bloqueio para algumas espécies nativas. Com os estudos feitos foi possível detectar fatores que indicam a presença de fragmentos com longas áreas os separando, ou seja, sem nenhuma conectividade.

Destarte, esse estudo se apresenta também como possibilidade para outras áreas de pesquisa, de acordo com os objetivos, como por exemplo no monitoramento da fauna silvestre que tem seu comportamento alterado por qualquer mudança em seu habitat. Por fim, considera-se necessárias mais políticas ambientais direcionadas às áreas da microrregião em que os fragmentos se encontram mais espalhados, impossibilitando conexão dos habitats.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROS, F. A.. **Efeito de borda em fragmentos de floresta Montana, Nova Friburgo – RJ**. 100 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, Rio de Janeiro, 2006.

BATISTA, J. C.; LUCIANO, M. E.; FOLHA, D. A. de O. Avaliação do efeito de borda na Floresta Estadual do Palmito, Paranaguá/PR. **Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**, Paraná: Instituto brasileiro de estudos ambientais, 2013. p. 1-7.

BERTRAND, G. Paysage et géographie physique globale: esquisse méthodologique. **Revue géographique des Pyrénées et sud-ouest**, v. 39, 1968. p. 249-272.

BLUMENFELD, E. C. **Relações entre Vizinhança e Efeito de Borda em Fragmento Florestal**. 86 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP, 2008.

FARINACI, J. S. **As novas metas do estado de São Paulo: um estudo fragmento florestal**. São Paulo: USP, 2008. 102 p.

FORMAN, R. T. T. **Land Mosaics: The ecology of landscape and regions**. Londres: Cambridge University Press, 2006. 604 p.

HILTY, J. A.; LIDICKER, W. Z.; MERLENDER, A. M. **Corridor Ecological: the science and practice of linking landscapes for biodiversity conservation**. Nova Iorque: Andre Dbson, 2006. 220 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Estimativa populacional de 2020**. Brasília: IBGE, 2020. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: ago. 2021.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO E BIODIVERSIDADES (ICMBIO). **Informações sobre o bioma Cerrado**. Brasília: ICMBIO, 2007. Disponível em: <https://www.gov.br/icmbio/pt-br>. Acesso em: jun. 2021.

JENSEN, J.R. **Introductory digital image processing**. Londres: Prentice Hall, 1996. 316 p.

JUVANHOL, R. S., FIEDLER, N. C. Análise Espacial de Fragmentos Florestais: Caso dos Parques Estaduais de Forno Grande e Pedra Azul, Estado do Espírito Santo. **Floresta e Ambiente**, v. 18. n. 4, 2011. p. 353-364. Disponível em: <https://floram.org/doi/10.4322/floram.2011.055>. Acesso em: ago. 2021.

MELLO, P. C. G. S. **A importância da conectividade na gestão e conservação da biodiversidade em Áreas Naturais Protegidas**. 39 f. Monografia (Pós-graduação *Lato Sensu* em Planejamento e Gestão de Áreas Naturais Protegidas) - Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais, Barbacena, Minas Gerais, 2014.

METZGER, J. P. **Manejo autossustentável de florestas tropicais**. 180 f. Tese (Doutorando em Ecologia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Dados sobre o Cerrado**. Brasília: MMA, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br>. Acesso em: mai. 2021.

PIROVANI, D. B. **Uso de geotecnologias para estudo da fragmentação florestal com base em princípios de Ecologia da Paisagem**. Porto Alegre: CAUFES, 2010. 180 p.

PRIMACK, R.; RODRIGUES, E. **Biologia da Conservação**. Londrina: Ática, 2001. 328 p.

REIS, L. N. G. **Ecologia de paisagens no bioma cerrado: Proposta metodológica de avaliação dos padrões e de conservação da conectividade dos habitats**. 172 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2016.

RIBEIRO, E. E.; RIVAS, L. H.; SANTOS, V. **Os problemas relacionados ao “efeito de borda” e a “biogeografia de ilhas” com as metapopulações de fragmentos florestais nativos**. Mato Grosso: Alta Floresta, 2012. 80 p.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. **Fitofisionomias do bioma Cerrado**. Brasília: EMBRAPA, 2008. 212 p.

SAMPAIO, R. C. N. **Efeito de borda em um fragmento de floresta estacional semidecidual no interior do Estado de São Paulo**. 83 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2011.

SANTIAGO, B. S. **Paisagem e fragmentação florestal no município de Juiz de Fora, MG**. 114 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental) - Centro de Estudos Gerais, Universidade Federal Fluminense. Niterói, 2008.