Revista Brasileira de Geografia Física

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

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

Hugo Roldi Guariz¹, Francisco Roldi Guariz²

1 Engenheiro Florestal, Professor, MS em Produção Vegetal, Departamento de Agronomia do Instituto Federal Baiano, Doutorado em Agronomia pela Universidade Estadual de Londrina, autor correspondente: hugo.guariz@gmail.com/ 2 Professor de História, Especialista em História com Ênfase nos Ensinos Fundamental e Médio, Governo do Estado do Espírito Santo, codiguar@yahoo.com.br

Artigo recebido em 21/05 /2020 e aceito em 13/07/2020

RESUMO

Após um século de intensas produções agropecuárias, baseadas na monocultura do café, pecuária bovina extensiva e intenso ciclo madeireiro, as florestas do município de São Roque do Canaã se restringiram a pequenos fragmentos isolados, rodeados por ambientes não florestados. Mediante tal constatação, objetivou-se realizar o levantamento da cobertura florestal e caracterizar os fragmentos florestais localizados em São Roque do Canaã/ES utilizando métricas de ecologia de paisagem com uso de Sistema de Informação Geográfica (SIG), atrelado a uma análise ambiental desses fragmentos. Tais objetivos foram alcançados através do cálculo da quantidade e frequência de classe de tamanhos dos fragmentos, Índice de Diversidade de Patton (DI), Índice de circularidade (C) e o Índice Perimetral (IP). Com base nos resultados, concluímos que o município possui 17,6% de sua área coberta por florestas, sendo que deste total, 67,7% possui área inferior a 3 ha e 91,8% possuem área inferior a 15 ha. De acordo com os resultados, os fragmentos tendem para formatos irregulares com bordas dentadas, com tendência para formatos alongados, características que fomentam as consequências deletérias do efeito de borda. Conclui-se que a vegetação florestal remanescente está altamente fragmentada, composta majoritariamente por fragmentos muito pequenos e isolados, considerados insatisfatórios para manter a estabilidade e a autossustentabilidade ambiental. Ações de recuperação da vegetação, como a implantação de corredores ecológicos, criação de unidades de conservação e sistemas de produção agroflorestal são maneiras recomendadas para aumentar o percentual de florestas no em São Roque do Canaã.

Palavras-chaves: Fragmentação, ecologia de paisagem, efeito de borda, biodiversidade, desmatamento.

Evaluation of the Size and Shape of Forest Fragments Using Landscape Metrics for the Municipality of São Roque do Canaã, Northwest of Espírito Santo State

ABSTRACT

After a century of intense coffee monoculture-based agricultural production, extensive cattle ranching and intense timber cycle, the forest cover of São Roque do Canaã (ES) were reduced to small, isolated fragments surrounded by non-forested environments. From this observation, this paper aims carrying out a survey of the forest cover and characterize the forest fragments located in São Roque do Canaã by metrics of landscape ecology approach, using the Geographic Information System (GIS) linked to the environmental analysis of the fragments. Main data was obtained by calculating the quantity and frequency of the size class of the fragments, Patton's Diversity Index (DI), Circularity Index (C) and the Perimeter Index (IP). We concluded that the municipality has 17.6% of its area covered by forests, of which 91.8% is 15 ha or smaller, and 67.7% is lesser than 3 ha. The fragments tend to irregular shapes with jagged edges, with a tendency to elongated shapes, characteristics that foster the deleterious consequences of the edge effect. In conclusion, the remaining forest vegetation is highly fragmented, mainly composed by very small and isolated fragments, which is considered unsatisfactory to maintain stability and environmental self-sustainability. Actions to recover vegetation, such as the implementation of ecological corridors, the creation of conservation units and agroforestry production systems are recommended ways to increase the percentage of forests in São Roque do Canaã.

Keywords: Fragmentation, landscape ecology, edge effect, biodiversity, deforestation.

Introdução

A partir da década de trinta, época em que os primeiros arados mecânicos foram introduzidos na região, a paisagem da Sub-bacia do Rio Santa Maria do Rio Doce ficou caracterizada pela intensa degradação ambiental, oriunda de intensas produções agropecuárias, baseadas na monocultura do café, pecuária bovina extensiva e intenso ciclo madeireiro. O vale do rio Santa Maria do Doce começou a ser ocupado a partir da década de 1870, com a instalação de famílias de origem italiana no atual distrito de São João de Petrópolis, em Santa Teresa, na divisa com o município de São Roque do Canaã, com a aquisição de lotes na região, cujo tamanho médio era de 25 hectares.

As florestas nativas que caracterizavam o bioma Mata Atlântica foram exauridas, transformando-se em fragmentos esparsos pelo território de São Roque do Canaã, noroeste do estado do Espírito Santo (Latitude 19°44'16" S; Longitude 40°39'32 W).

Em São Roque do Canaã, município capixaba que está totalmente inserido na Sub-bacia do Rio Santa Maria do Rio Doce, a partir da década de quarenta, iniciou-se o ciclo industrial com o surgimento de olarias e alambiques para produção de aguardente de cana, representando importantes segmentos econômicos até os dias atuais. O ciclo industrial, associado com a pecuária extensiva e a agricultura, liderada pela cafeicultura e canavicultura, responderam pelo intenso desmatamento, proporcionando um processo de abertura de fronteira com desmatamento das florestas primárias.

O processo de desmatamento em áreas florestais levou a formação de fragmentos isolados que funcionam como ilhas de matas cercadas por habitats não reflorestados transformando grandes áreas de florestas em paisagens mosaico, ocasionando, como citado por Araujo e Ponte (2016) um grande problema ambiental, com impactos no clima, solo e hidrologia, oriundo dessa conversão de florestas tropicais.

Esse cenário levou a transformação de paisagens dominadas por floresta em áreas totalmente ocupadas por atividades antrópicas, o que resultou em paisagens compostas por fragmentos pequenos e altamente isolados.

A fragmentação da cobertura vegetal favorece a erosão dos solos e assoreamento dos rios. Com o desmatamento e o manejo inadequado do solo, a terra perde a capacidade de absorção da chuva, a água arrasta o solo morro abaixo, assoreando córregos e rios, destruindo estradas e

impedindo o escoamento da produção rural (CIAAT, 2019). Ainda promove facilidades para a atividade de caça, aumento da susceptibilidade ao fogo, perda de espécies por meio da destruição de seu habitat, redução do tamanho da população, inibição ou redução da migração, alteração microclimática pelo efeito de borda e invasão de espécies exóticas nas áreas circundantes e no interior do fragmento.

As barreiras criadas pela fragmentação dificultam ainda, a dispersão entre os fragmentos florestais, diminuindo o fluxo gênico, a variabilidade genética, logo, a capacidade de adaptação das espécie, sendo que esses efeitos podem ser mitigados se as populações não ficarem isoladas, sendo assim, é de fundamental importância o desenvolvimento de ações direcionadas para promover a conexão entre fragmentos (Thiago et al., 2020).

Como elencado por Almeida et al. (2020), a restauração florestal tem como finalidade o reestabelecimento da estrutura vegetal e da ecologia destas comunidades, facilitando a recuperação natural do ecossistema, de forma técnica e operacional, sendo esta, uma das metas e objetivos assumidos pelo Brasil durante a 11ª Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre as Mudanças do Clima (United Nations Framework Convention on Climate Change – UNFCCC), realizada em 2015 em Paris, propondo-se o reflorestamento de 12 milhões de hectares de florestas nativas até 2030, integrando os principais compromissos assumidos na INDC (Intended Nationally Determined Contribution), sendo assim a afirmação da importância da manutenção das florestas e aumento dos percentuais de cobertura florestal.

Por esse motivo, entender as consequências da fragmentação florestal para a conservação dos animais e das plantas é hoje uma das maiores prioridades da biologia da conservação. Mediante o exposto, o objetivo do presente trabalho foi realizar o levantamento da cobertura florestal do município de São Roque do Canaã com o auxílio de técnicas de sensoriamento remoto e um estudo de seus fragmentos por meio de métricas de paisagem.

Material e Métodos

Caracterização da região

O Município de São Roque do Canaã possui uma área de 341,944 km² e está localizado na porção noroeste do Estado do Espírito Santo, estando a 120 km de Vitória. A localização da maior parte do território de São Roque do Canaã mantém o predomínio de terras de baixas altitudes, justificado por estar presente na porção final da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria do Doce. As porções mais elevadas estão localizadas no extremo leste do município e na porção sudoeste, apresentando relevo fortemente ondulado com altitudes superiores a 900 m. O principal curso d'água é o Rio Santa Maria do Doce, este nasce nas terras altas do município de Santa Teresa, a mil metros de altitude, na Serra do Gelo, divisa com o município de Santa Maria de Jetibá. O Rio Santa Maria do Doce percorre 85 km, desde sua nascente principal, até sua foz no Rio Doce no município de

Colatina. A área da bacia compreende um total de 934,65 km²; outros cursos d'água importantes presentes em São Roque do Canaã são o Rio Santa Julia, que abastece a porção oeste do município e o córrego São Jacinto, na porção nordeste. O clima predominante é o tropical, caracterizada por invernos secos e verões chuvosos, com má distribuição de chuvas durante o ano. A classificação do clima é Cfb de acordo com a Köppen e Geiger.

Levantamento dos dados

O trabalho foi iniciado pela marcação dos fragmentos nas imagens aéreas disponibilizadas pelo Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – IEMA, com resolução espacial de 1m. Foram utilizadas um total de nove ortofotomosaicos que abrangem todo o território de São Roque do Canaã (Figura 1).

Figura 1 – Mapeamento e caracterização do uso do solo de São Roque do Canaã-ES por meio de ortofotomosaicos.

A delimitação dos fragmentos florestais se deu por meio da utilização de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), no software ArcGIS®, através do comando *editor*. As medições de área e perímetro foram obtidos após a

delimitação dos fragmentos, através da função *Calculate Geometry* na tabela de atributos. Adotou-se como fragmento florestal todas as formações vegetais, incluindo formações pioneiras (capoeira) e vegetações sob solos rasos, sobre

rochas, encontradas nas maiores altitudes. Não foram mensuradas florestas econômicas plantadas, como eucaliptais por exemplo.

Para avaliar a forma dos fragmentos foram calculadas as seguintes métricas na escala de paisagem: o Índice de Diversidade de Patton (DI), Índice de circularidade (C) e o Índice Perimetral (IP).

O Índice de Diversidade de Patton foi calculado conforme descrito em Ferreira et al. (2018), através da seguinte fórmula:

$$D.I. = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}}$$

em que:

D.I. = Índice de Diversidade de Patton;

P = Perímetro (m);

A = Área (m²).

O Índice de Circularidade (C) é definido como a raiz quadrada da área do polígono em questão (Área do fragmento – A₁), dividido pela área (A₂) de um círculo de mesmo perímetro do polígono (fragmento), conforme equação abaixo.

$$C = \sqrt{\frac{A_1}{A_2}}$$

Assim, com o perímetro (P) do fragmento calcula-se o raio (R), através da fórmula abaixo:

$$R = P/2\pi$$

em que:

R = raio do fragmento;

P = perímetro do fragmento.

Com base em R determina-se a área de um círculo de mesmo perímetro através da fórmula abaixo:

$$A_2 = \pi R^2$$

em que:

A₂ = área de um círculo de mesmo perímetro do fragmento;

R = raio.

O Índice Perimetral (IP) foi determinado através da relação entre o perímetro e a área dos fragmentos, com seus valores variando de 0 (zero) a 1 (um), conforme fórmula abaixo:

$$IP = P/A$$

em que:

P = Perímetro (m);

A = Área (m²).

O estudo buscou avaliar o tamanho e a forma dos fragmentos florestais de toda a população e não somente uma amostra para realizar uma inferência estatística sendo assim, não foi necessária a utilização de testes estatísticos inferenciais para estimar as proporções esperadas da população, uma vez que os dados são de toda a população.

Em relação a análise descritiva, os trabalhos de levantamento florestal buscam estudar a frequência de ocorrência de uma variável categórica, e dessa forma os dados são do tipo proporção e, portanto, se enquadram na distribuição Poisson, Bernoulli ou binomial. Nesse sentido, os testes inferenciais estatísticos procuram estudar a frequência esperada e não uma média aritmética da população, assim, os valores de frequência absoluta ou relativa são as medidas mais importantes para o estudo, pois é a medida descritiva de interesse e buscada na inferência estatística para esses estudos.

Resultados e Discussão

A Figura 2 mostra o mapeamento dos fragmentos florestais encontrados em São Roque do Canaã, correspondendo a 17,6% de sua área coberta por florestas. Foram observados 1096 fragmentos florestais, sendo que destes, 742 fragmentos possuem área inferior a 3 ha (Figura 3), correspondendo a 67,7% do total dos fragmentos e 91,8% possuem área inferior a 15 ha (Figura 4). A área de um fragmento, segundo Forman e Godron (1986), é uma das mais importantes informações de uma paisagem, não somente porque é a base para o cálculo de outros índices, como também porque é por si só, uma informação de grande valor.

Figura 2 – Mapeamento dos fragmentos florestais de São Roque do Canaã/ES.

Figura 3 - Distribuição dos fragmentos florestais em função da área.

Figura 4 – Percentual das classes de distribuição do tamanho dos fragmentos florestais de São Roque do Canaã/ES.

Esta distribuição de frequência demonstra que além de altamente fragmentada, a paisagem é composta majoritariamente por fragmentos muito pequenos, tal como visto por Rodrigues et al. (2017), onde concluem que a paisagem da APA de Tambaba, na zona da mata Paraibana, encontra-se majoritariamente desmatada, e seus 19% de cobertura florestal encontra-se altamente fragmentado, como também notado por Thiago et al. (2020) em estudo na Bacia Hidrográfica do Rio Itapemirim, sul do Espírito Santo, que mantém apenas 22% de cobertura florestal remanescente, sendo que a maior parte possui área inferior a 5 ha, 72% do número total de fragmentos identificados, correspondendo a 10,3% da cobertura florestal total e os fragmentos de tamanho grande, maiores que 50 ha, refletem 3% do número total de fragmentos, mas constituem 52,3% da cobertura florestal. O histórico dessa abrupta redução da floresta original também coincide com um dos fatores apontados por Albuquerque e Molinari (2020) em estudo ao longo do alto curso da Bacia do Mindu em Manaus/AM, onde a vegetação foi reduzida em virtude da urbanização que retirou a mata primária ocasionando a formação de fragmentos florestais.

A partir destes resultados percebemos que a grande maioria dos fragmentos não suportaria uma fauna de mamíferos de médio porte, porém podem funcionar como agentes tamponantes do ecossistema ou, dependendo do grau de conectividade, como corredores ou locais de paradas de organismos em migração. Castro et al.

(2015) aponta que a mastofauna é um importante componente ecológico dos ecossistemas, controlando as populações de presas dos carnívoros, influenciando processos de dispersão de sementes e a diversidade da comunidade, cuja preservação é dependente de áreas extensas.

Conforme apontado por Sampaio et al. (2018), o limiar de aproximadamente 30% de cobertura florestal em paisagens perturbadas, indica que acima desse, as perdas de diversidade biológica ficam associadas a perdas de habitats, quando abaixo, a distribuição espacial das “manchas” de habitats também contribui, sendo que o limiar de 30% seria funcional como um limite mínimo de cobertura nativa que uma paisagem antropizada deveria ter, pois permitiria conciliar o uso econômico e a conservação biológica. Ainda segundo os autores há claras evidências que paisagens com menos de 30% de habitat tendem a ter fragmentos pequenos e muito isolados, e suportam por consequência comunidades muito empobrecidas, e isso para diferentes grupos taxonômicos. Nesta última classificação podemos enquadrar o município de São Roque do Canaã, por manter um percentual de apenas 17,6% de cobertura florestal.

Em relação ao tamanho dos fragmentos ocorre uma porcentagem muito grande de fragmentos pequenos, sujeito a um maior efeito de borda e menor biodiversidade, não sendo viáveis a médio e longo prazo, com predisposição de se autoextinguirem com o passar do tempo, tal como relatado por Sampaio et al. (2018) em estudo de

levantamento de formações florestais na zona rural de Maringá/PR.

O desmatamento das áreas florestais levou a formação de fragmentos isolados que funcionam como ilhas de matas cercadas por habitats não florestados, consistindo numa mudança abrupta da paisagem. Os efeitos desse gradiente entre dois ambientes são inúmeros, tais como: redução de agentes dispersores de sementes (Ferreira et al., 2017), aumento drástico da radiação luminosa, maior exposição ao vento, efeitos negativos sobre a disponibilidade e chuva de sementes (Capellesso et al., 2015), diminuição das populações de aves (Nunes et al., 2017), redução de diversidade biológica por interferir na reprodução e fertilidade dos animais (Pasa, 2016), inviabilizar a polinização (Maués, 2014; Santos et al., 2014) e a decomposição de excrementos (Filgueiras, 2016), contribuir com maior duração de surtos de pragas (Reckziegel e Oliveira, 2011; Barbosa et al., 2016) influência negativa no microclima gerado (Gotardo et al., 2019), degradação dos recursos hídricos (Costa et al., 2019), redução da conservação de grupos da fauna edáfica e na manutenção da qualidade biológica do solo (Silva et al., 2020), culminando notadamente, na redução da diversidade genética dos remanescentes florestais (Goulart et al., 2015).

Tais efeitos, estão intimamente ligados com o efeito de borda, intrinsecamente ligados ao tamanho e a forma dos fragmentos (Costa et al., 2019). Quanto menor o fragmento, ou mais alongado, mais fortemente os efeitos de borda podem se fazer sentir. Em fragmentos pequenos, menos arredondados ou quadrados, de até 10 ha, os efeitos de borda afetam toda a superfície, transformando a mata em capoeira; os fragmentos maiores, da ordem de centenas de hectares, também são bastante diferentes da mata original em termos de estrutura de vegetação e composição da fauna e flora, devido à profunda interferência do efeito de borda. Costa et al., (2019) em estudo com fragmentos do bioma Mata Atlântica localizados no entorno da represa Atibainha, município de Nazaré Paulista/SP, apontam que os fragmentos cujo entorno é composto por matriz que é impactada por modificação e uso mais intensivo apresentam cerca de 33,64% da sua superfície diretamente afetada por efeitos de borda, enquanto os fragmentos com entorno representado por matriz de pastagens (atividade considerada menos intensa e invasiva), apresentaram em torno de 17,12% de superfície sob efeitos de borda.

O efeito de borda pode ser melhor entendido com base no Índice Perimetral, conforme figura 5.

Figura 5 – Percentual de classes do Índice Perimetral dos fragmentos florestais do município de São Roque do Canaã.

Conforme apontado por Goes et al. (2018) os fragmentos com um índice de forma mais

próximos de 0, apresentam forma bastante irregular e os próximos de 1, formas mais regulares (acima

de 0,05: regular; até 0,05: irregular), sendo que valores altos indicam fragmentos pequenos de formas alongadas e perímetros irregulares, e valores pequenos indicam fragmentos com formas compactas e perímetros não dentados.

De acordo com os resultados, os fragmentos tendem para formatos irregulares com bordas dentadas (figura 5), visto que, quanto mais irregular e recortada for a forma do fragmento, espera-se que maior seja o efeito de borda nele presente, demonstrando que quanto menor forem os fragmentos, maiores as consequências deletérias em relação às grandes florestas contínuas. Ao relacionar o índice perimetral com o tamanho dos fragmentos, Silva et al. (2016) constataram que os fragmentos menores têm índices perimetrais mais próximos de 1, enquanto os maiores mostram uma queda para essa variável.

O índice área/tamanho dos fragmentos é a base do conhecimento da paisagem. São muito úteis em estudos ecológicos, uma vez que a riqueza e abundância de certas espécies dependem, para existir, das dimensões dos fragmentos existentes na paisagem (Sá Volotão, 1998). Quanto à forma dos fragmentos, baseada no Índice de circularidade (Figura 6), detectou-se que a maioria dos fragmentos, cerca de 76%, são inferiores a unidade e tendem para formatos alongados. Apenas 24% dos fragmentos florestais tiveram índice de circularidade acima de 0,72, o que os caracteriza como mais arredondados. Os outros fragmentos

apresentaram índices baixos caracterizando uma alta razão borda/interior, estando mais sujeitos aos seus efeitos negativos.

De acordo com Silvério Neto et al. (2015), quando C for igual a 1, o fragmento florestal é circular e a medida em que ele se torna mais alongado, o valor de C tende a diminuir, até chegar próximo de zero. Em outras palavras, Silva et al. (2019) dizem que quanto mais próximo de 1 for o valor do índice de circularidade do fragmento, mais arredondado será e, conseqüentemente, menor será sua razão borda/interior. Por outro lado, fragmentos alongados têm uma razão borda/interior alta. A primeira situação é a desejável, já que no fragmento haverá uma região maior de área intacta, por estar menos exposta aos efeitos de borda.

Silva et al. (2019) identificaram que mais de 50% dos fragmentos da Bacia do Ribeirão Anhumas, localizada no interior do Estado de São Paulo, apresentam índice entre 0,65 e 0,85, permitindo classificá-los como moderadamente alongados, 37,5% foram classificados como alongados e apenas 8,6% com formatos adequadamente arredondados.

Quanto mais circular for um fragmento mais compacto ele é e menor sua vulnerabilidade às atividades de uso do solo do entorno. Isto porque menor será sua razão borda/interior, mantendo a porção central do fragmento equidistante da borda e diminuindo a vulnerabilidade da vegetação interior ao efeito de borda (Fengler et al., 2015).

Figura 6 – Distribuição de frequência do Índice de Circularidade dos fragmentos florestais.

A forma de um fragmento é determinada pela variação nas suas margens e geralmente relaciona-se com a intensidade da atividade humana. Conforme Nascimento et al. (2016) as medidas de forma dos fragmentos florestais do

município de Umbaúba/SE foram semelhantes entre as classes de vegetação (estacional arbustiva = 0,62, estacional arbustiva-arbórea = 0,61, estacional arbórea = 0,64), o que indica que os remanescentes florestais possuem formatos

irregulares, ou seja, que desviam da forma circular, a qual é considerada ideal para conservação, implicando em um maior efeito de borda dos remanescentes, independentemente de sua área.

A figura 7 mostra os resultados para o Índice de Diversidade de Patton (DP). Conforme relatado por Riboldi et al. (2017), quanto maior o valor do Índice de Patton, maior a probabilidade de ocorrência de microambientes e maior a complexidade dos fragmentos; entretanto, maior será a proporção de biota em relação à área do fragmento, resultando num maior efeito de borda. Os valores de D.I. variam entre 1 (círculo perfeito) e infinito (formas não circulares) (Harvey e Sáenz, 2008). Os valores foram agrupados em 5 categorias, baseadas na classificação de Sarmiento (1988): Redondo: $D.I. < 1.25$; Oval redondo: $1.25 > D.I. < 1.5$; Oval oblongo: $1.51 > D.I. < 1.75$; Retangular: $1.76 > D.I. < 2$; Amorfo: $D.I. > 2$.

Pela análise do Índice de Patton, percebemos que 58% dos fragmentos distanciam

do formato redondo, sendo este o formato mais representativo do total, segundo proposta de classificação de Sarmiento (1988).

De forma diferente, Patricio et al. (2019) em estudo dos fragmentos florestais no Município de Califórnia/PR, descreveram que dentre os fragmentos analisados, 99,38% apresentaram valor para o índice de diversidade de Patton menor que 0,6, classificando os fragmentos como amorfos. Riboldi et al. (2017) analisaram os fragmentos florestais da paisagem que compõem o município de Salgado Filho/PR e verificaram que a grande maioria dos fragmentos apresentou Índice de Patton inferior a 1,25; o que mostra baixa complexidade dos fragmentos em geral, como também relatado por Faria et al. (2018) os fragmentos estudados em Saudades do Iguaçu/PR, possui mais de 50% de seus fragmentos com um índice Patton abaixo de 5, o que também demonstra uma baixa complexidade nos fragmentos.

Figura 7 – Percentual dos valores obtidos de DP com distribuição nas classes de identificação para os fragmentos florestais de São Roque do Canaã.

De acordo com Faria et al. (2018) quanto maior o valor do índice de Patton, maior a possibilidade de encontrar função e composição de estrutura viável num fragmento florestal. Silva et al. (2017) salientam que os índices de diversidade de Patton encontrados nos fragmentos florestais do município de Japurá/PR, foram valores altos somente nos maiores fragmentos e como o município possui poucos fragmentos grandes, torna-se assim a paisagem pouco diversificada em maior parte dos fragmentos,

ressaltando que os fragmentos menores pouco sustentam e dá suporte a preservação de espécies.

Como consequência do intenso desmatamento, uma das formas de reverter esse processo de fragmentação é por meio de corredores ecológicos, cuja função principal é interligar fragmentos por meio de ações de reflorestamento e recuperação de áreas degradadas, sendo esta, uma ação prioritária anunciada pelos órgãos ambientais do Espírito Santo (IEMA, 2016). Dentre as estratégias para conectividade dos corredores é a

recuperação de áreas de preservação permanentes (APP) e de reservas legais, tal como preconizado no Código florestal Brasileiro atualizado em 2012. O simples cumprimento legal da legislação ambiental já seria um ponto de melhora significativa para o aumento da cobertura florestal de São Roque do Canaã, que como demonstrado, está abaixo de 20%, percentual que seria o mínimo por exemplo para manter a reserva legal no bioma mata atlântica.

Um estudo do Centro de Desenvolvimento do Agronegócio (Cedagro, 2012) aponta que o estado do Espírito Santo tem 393 mil hectares de solo degradado, o que equivale a 16,65% da área agrícola total, ou seja, a cada seis hectares cultivados um deles está infértil. Consequentemente, esse cenário não difere da realidade da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria do Doce, que possui uma área de degradação relativa de quase 16%. A Bacia do Rio Doce, maior e principal do estado, a qual está inserida a Sub-bacia do Santa Maria do Doce, tem apenas 11% de floresta nativa, sendo uma das bacias mais degradadas do Sudeste, pode-se dizer que até do Brasil (Radaelli, 2016).

A Implantação de sistemas agroflorestais (SAFs) é uma outra maneira de agregar a preservação ambiental e a manutenção da renda dos produtores, tornando-se altamente sustentável. Tal reconhecimento é descrito na Lei Municipal nº 806/2017 em seu artigo 4º, cujo tem como princípio promover a biodiversidade, o desenvolvimento sustentável, preservação e a conservação ecológica. Em São Roque do Canaã, a cafeicultura é predominantemente de pequenos produtores de base familiar e o cultivo de cafeeiros em SAFs pode ser uma alternativa para os agricultores no sentido de desenvolver uma transição agroecológica de forma mais harmônica, dessa forma, os SAFs teriam grande capacidade de favorecer a interação das lavouras com os remanescentes florestais da Mata Atlântica (Sales et al, 2018). Em seu trabalho de relato de experiências, Sales et al. (2018) apontam que a avaliação dos SAFs revelou as principais motivações pela escolha desse modelo de produção, sendo algumas delas a diversificação de culturas e renda, além de ser uma alternativa viável que atende a requisitos ecológicos e ambientais, favorecendo a conservação dos recursos naturais no Espírito Santo.

A criação de unidades de conservação (UC) traria importante incentivo para a preservação e conectividade dos fragmentos, visto que o município não possui nenhuma UC, seja pública ou particular. O território de São Roque do Canaã, com grande diversidade de orquídeas, bromélias e outras espécies ameaçadas de extinção, dominam a

paisagem e representam um grande potencial para o desenvolvimento do turismo científico e do ecoturismo, contribuindo para a efetivação de uma UC.

As florestas de São Roque do Canaã, embora não possuam tamanhos consideravelmente grandes, ainda abrigam espécies animais e vegetais, mantendo ainda uma biodiversidade diversa.

A exposição desses pequenos fragmentos à degradação, especialmente em decorrência da atividade humana, tem comprometido não apenas a biodiversidade, mas a sua própria existência. Mesmo mantendo a busca para uma maior conscientização ambiental inerente à mata atlântica, seja pela grande mídia ou mesmo pelas instituições de pesquisa e ensino, ainda não é suficiente para frear o desmatamento desse bioma tão restrito no território brasileiro.

O Espírito Santo que originalmente possuía 100% de seu território coberto pela Mata Atlântica, apresentou em 2016 um remanescente florestal de apenas 10,5% e crescimento de 106% do desmatamento ao compararmos os períodos de 2014/2015 e 2015/2016 (Santos et al., 2019). Ainda assim, quadruplicou o número de hectares de mata atlântica desmatados nos últimos anos, de acordo com o levantamento da Fundação Mata Atlântica, o desflorestamento passou de 5 hectares em 2017 para 19 hectares em 2018, um aumento de 316%.

Sendo assim, os fragmentos florestais, por serem pequenos e dispersos, estão mais vulneráveis ao desmatamento e a sua proteção integral se torna importante para a conservação da biodiversidade da Mata Atlântica. Assim, segundo Schaadt e Vibrans (2015) paisagens com maior cobertura florestal permitem a existência ou a sobrevivência de florestas mais bem conservadas e com menor influência da matriz no entorno.

Sendo assim, a proteção florestal dos remanescentes em São Roque do Canaã enfrenta desafios para manter a integridade da biodiversidade local, sendo o tamanho e forma dos fragmentos que favorecem o efeito de borda, o grau de isolamento, que afeta o fluxo gênico entre os fragmentos e o avanço das perturbações.

Diante dessa intensa fragmentação, ações de políticas públicas são necessárias para gerir projetos e selecionar áreas prioritárias para a conservação ambiental. Como ainda não há engajamento municipal para proteção e recomposição florestal, o governo do Estado do Espírito Santo detém de iniciativas que visam promover a conservação e a recuperação da cobertura florestal estimulando a adoção de práticas de uso sustentável. Atualmente, uma iniciativa é o programa “Reflorestar”, que vem

sendo implementado em todo o estado do Espírito Santo em um modelo de pagamento por serviços ambientais.

Um ponto delicado no que tange ao isolamento dos fragmentos florestais é a simplificação do fragmento, ou seja, um declínio das espécies vegetais existentes gerando uma homogeneização da flora, constituindo num fragmento pobre em número de espécies e grandes chances de extinção das espécies locais, maximizado também pelo efeito da endogamia.

Um modelo silvicultural que agrega vantagens para evitar esse declínio biológico dos fragmentos é o enriquecimento florestal, cujos princípios envolvem a caracterização das espécies, a ecofisiologia e as suas exigências edafoclimáticas, sendo recomendado justamente para áreas que possuem baixa biodiversidade, buscando reintroduzir as espécies que outrora existiam nessas áreas. A grande vantagem do enriquecimento florestal é a aceleração do retorno do equilíbrio ecológico predominante no fragmento florestal.

A regeneração natural é outra técnica muito utilizada para conectar fragmentos, que é mais econômico e possui maior simplicidade de

implantação, porém seus efeitos são mais morosos. Como em São Roque do Canaã a maior porcentagem de produtores rurais é pequena, de cunho familiar, essa é uma técnica bem avaliada para ser adotada, visto que não resultaria em grandes mobilizações de reservas financeiras para sua implementação, apenas conduzir indivíduos florestais que surgem através de propágulos oriundos de formações florestais próximas.

Segundo informações do SICAR – Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (2020), há 951 propriedades rurais cadastradas em São Roque do Canaã e todas estão esperando análise processual, tendo apenas 1 processo cancelado por decisão administrativa, sendo que 89,27% desse total possui menos de 50 ha, correspondendo a 849 propriedades rurais (Figuras 8 e 9).

Ainda com base nesses dados, percebe-se o somatório das áreas cadastradas no CAR é de 214,122 km², tendo um déficit de 127,822 km², em relação ao seu tamanho territorial. Em São Roque do Canaã o módulo fiscal (MF) equivale a 18 hectares e do total de propriedades que estão cadastradas no CAR, 57,58% possuem tamanho inferior a 1 MF e 81,16% possuem valor inferior a 2 MF.

Figura 8 – Distribuição em classes de tamanhos das propriedades rurais que aderiram ao Cadastro Ambiental Rural – CAR de São Roque do Canaã/ES.

Figura 9 – Distribuição em classes em módulo fiscal das propriedades rurais que aderiram ao Cadastro Ambiental Rural – CAR de São Roque do Canaã/ES.

O Cadastro Ambiental Rural está previsto no Código Florestal, aprovado pela Lei Federal 12651/2012, obrigatório para todos os imóveis rurais, como mecanismo para agregar as informações ambientais das propriedades e posses

rurais. Com base nesses dados, será estabelecido o Plano de Recuperação Ambiental (PRA), compondo base de dados para controle, monitoramento, planejamento ambiental e econômico e combate ao desmatamento. Sendo assim, um mecanismo de grande relevância que certamente agregaria força no equilíbrio ambiental dos remanescentes florestais de São Roque do Canaã, no entanto, a aplicabilidade da Lei ainda não se faz realidade.

Conclusão

1. O município de São Roque do Canaã apresenta alto grau de desmatamento de suas florestas originais, com apenas 17,6% de remanescentes florestais. A vegetação florestal remanescente encontra-se fragmentada e a maioria dos fragmentos florestais observados apresentam tamanho considerado insatisfatório para manter a estabilidade e a autossustentabilidade ambiental, visto que 91,8% possuem área inferior a 15 ha;
2. A avaliação da fragmentação por meio de métricas de paisagem é uma forma eficaz para gerar uma aproximação dos efeitos deletérios do efeito de borda nos fragmentos florestais.
3. Os efeitos de borda causados pela fragmentação da floresta afetam a comunidade de plantas e vários processos ecológicos e ecossistêmicos, sendo mais presentes nos fragmentos menores e mais alongados.
4. O levantamento da cobertura florestal e a caracterização dos fragmentos são componentes básicos importantes para gerir ações de recuperação da vegetação, como a implantação de corredores ecológicos, criação de unidades de conservação e levantamento das áreas protegidas.

Referências

- Albuquerque, N.R., Molinari, D.C., 2020. Caracterização da Cobertura Vegetal no Alto Curso da Bacia do Igarapé do Mindu-Manaus (AM). *Revista Brasileira de Geografia Física* [Online] 13. Disponível: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v13.1.p406-422>. Acesso: 18 mai. 2020.
- Almeida, F.C., Silveira, E.M.O., Acerbí Junior, F.W., França, L.C.J., Bueno, I.T., Terra, B.J.O., 2020. Análise multicritério na definição de áreas prioritárias para recuperação florestal na bacia do Rio Doce, em Minas Gerais [Online] 8. Disponível: <http://dx.doi.org/10.31413/nativa.v8i1.8130>. Acesso: 16 jul. 2020.
- Araújo, R.C., Ponte, M.X., 2016. Efeitos do desmatamento em larga-escala na hidrologia da Bacia do Uaim, Amazônia. *Revista Brasileira de Geografia Física* [Online] 9. Disponível: <https://doi.org/10.5935/1984-2295.20160171>. Acesso: 18 mai. 2020.
- Castro, A.L.S., Araújo, G.R., Estrela, D.C., Silva, P.M., 2015. Mamíferos de médio e grande porte em um fragmento florestal de Cerrado no município de Ipameri-GO. *Multi-Science Journal* [Online] 1. Disponível: <http://dx.doi.org/10.33837/msj.v1i1.48>. Acesso: 18 mai. 2020.
- Barbosa, B.C., Maciel, T.T., Prezoto, F., 2016. Comunidade de vespas sociais (*Hymenoptera: Vespidae*) do município de Juiz de Fora: riqueza, similaridade e perspectivas. *Multiverso: Revista Eletrônica do Campus Juiz de Fora* [Online] 1. Disponível: <http://periodicos.jf.ifsudestemg.edu.br/multiverso/article/view/63>. Acesso: 18 mai. 2020.
- Capellessio, E.S., Santolin, S.F., Zanin, E.M., 2015. Banco e chuva de sementes em área de transição florestal no sul do Brasil. *Revista Árvore* 39, 821-829.
- CEDAGRO. Centro de Desenvolvimento do Agronegócio, 2012. Levantamento de áreas agrícolas degradadas no estado do Espírito Santo. Vitória.
- CIAAT. Centro de Informação e Assessoria Técnica, 2019. Disponível: <https://ciaatgv.com.br/conheca-a-importancia-das-caixas-secas/#:~:text=Com%20o%20desmatamento%20e%20o%20escoamento%20da%20produ%C3%A7%C3%A3o%20rural>. Acesso: 01 jul. 2020.
- Costa, A., Galvão, A., Silva, L.G., 2019. Mata atlântica brasileira: análise do efeito de borda em fragmentos florestais remanescentes de um hotspot para conservação da biodiversidade. *Revista de Geografia, Meio Ambiente e Ensino* 10, 112-123.
- Faria, A.C.D.O., Galvani, F., Couto, E.V.D., 2018. Métricas de ecologia da paisagem aplicadas em fragmentos da mata atlântica: o caso do município de Saudades do Iguaçu. *Revista de Geografia, Meio Ambiente e Ensino* 8, 94-102.
- Fengler, F.H., Moraes, J.F.L., Ribeiro, A.I., Pêche Filho, A., Storino, M., Medeiros, G.A., 2017. Environmental quality of forest fragments in Jundiá-Mirim river basin between 1972 and 2013. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 19, 402-408.
- Ferreira, A.C., Santos, A.F., Vogel, H.F., 2017. Investigação bibliográfica e análise do potencial de dispersão de sementes por aves frugívoras no Brasil. *Revista Brasileira de Zoociências* [Online] 18. Disponível: <https://doi.org/10.34019/2596-3325.2017.v18.24595>. Acesso: 18 mai. 2020.
- Ferreira, I.J.M., Ferreira, J.H.D., Bueno, P.A.A., Vieira, L.M., Bueno, R.O., Couto, E.V., 2018. Spatial dimension landscape metrics of Atlantic Forest remnants in Paraná State, Brazil. *Acta Scientiarum Technology* [Online] 40. Disponível: <https://doi.org/10.4025/actascitechnol.v40i1.36503>. Acesso: 18 mai. 2020.
- Filgueiras, B.K.C., Tabarelli, M., Leal, I.R., Mello, F.Z.V., Peres, C.A., Iannuzzi, L., 2016. Spatial replacement of dung beetles in edge-affected habitats: biotic homogenization or divergence in fragmented tropical forest landscapes?. *Diversity and Distributions* [Online] 22. Disponível: <https://doi.org/10.1111/ddi.12410>. Acesso: 18 mai. 2020.
- Forman, R.T.; Godron, M., 1986. *Landscape ecology*, 1 il. John Wiley, New York.
- Goes, B.C.; Souza, P.G.; Ribaski, N.G., 2018. Zoneamento de fragmentos florestais prioritários para conservação em parques de Curitiba – Barigui, General Iberê de Mattos, São Lourenço, Tanguá e Tingui. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research* [Online] 1. Disponível: <http://www.brazilianjournals.com/index.php/BJAER/article/view/328>. Acesso: 18 mai. 2020.
- Gotardo, R., Pinheiro, A., Piazza, G.A., Kaufmann, V., Torres, E., 2019. Comparação entre variáveis microclimáticas de local aberto e florestal em um bioma da Mata Atlântica, sul do Brasil. *Ciência Florestal* 29, 1415-1427.
- Goulart, A.A., Everton, P., Nucci, J.C., 2015. Fragmentação da vegetação de Cerrado, entre os Anos de 1984 e 2011 no Parque Estadual do Cerrado (Jaguariaíva-PR) e em sua Zona de Amortecimento. *Revista Brasileira de*

- Geografia Física [Online] 8. Disponível: 10.26848/rbgf.v8.3.p857-866. Acesso: 18 mai. 2020.
- Harvey, C.A., Sáenz, J.C., 2008. Evaluación y conservación de biodiversidad en paisajes fragmentados de Mesoamérica, 1. Editorial INBio, Santo Domingo de Heredia.
- IEMA. Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, 2016. Plantio marca início de corredor ecológico em Cachoeiro de Itapemirim. Disponível: <https://iema.es.gov.br/plantio-marca-inicio-de-corredor-ecologico-em>. Acesso: 20 mai. 2020.
- Maués, M.M., 2014. Economia e polinização: custos, ameaças e alternativas. In: Rech, A.R.; Agostini, K.; Oliveira, P.E.; Machado, I.C. *Biologia da Polinização*. Editora Cultural, Rio de Janeiro, 461-482.
- Nascimento, E.R., Santos, J.L., Gouveia, S.F., 2016. Configuração dos remanescentes florestais em uma área da Mata Atlântica do nordeste do Brasil: orientando medidas de conservação em escala municipal. *Scientia Plena* [Online] 12. Disponível: <http://dx.doi.org/10.14808/sci.plena.2016.081001>. Acesso: 18 mai. 2020.
- Nunes, A.P., Laps, R.R., Tomas, W.M., 2017. Aves e matas são interdependentes. *Revista Ciencia Pantanal* [Online] 3. Disponível: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1080512>. Acesso: 18 mai. 2020.
- Pasa, C., 2016. A importância dos fragmentos florestais nas atividades de reprodução e fertilidade dos animais. *FLOVET - Boletim do Grupo de Pesquisa da Flora, Vegetação e Etnobotânica* [Online] 1. Disponível: <http://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/flovet/article/view/4029>. Acesso: 18 mai. 2020.
- Patrício, M.B., Ferreira, J.H.D., Couto, E.V., 2019. The context of the size and distance of Atlantic Forest fragments in a small city in Southern Brazil. *Acta Scientiarum Biological Sciences* [Online] 41. Disponível: <https://doi.org/10.4025/actasciobiolsci.v41i1.46936>. Acesso: 18 mai. 2020.
- PMSRC. Prefeitura de São Roque do Canaã, Lei nº 806, de 26 de setembro de 2017, Institui a política municipal de valorização e incentivo à agricultura familiar, à agroecologia e a agricultura orgânica no município de São Roque do Canaã. Disponível: <http://legislacaocompilada.com.br/saoroque/Arquivo/Documents/legislacao/html/L8062017.html>. Acesso: 20 mai. 2020.
- Radaelli, E., 2016. Bacia do Santa Maria tem 16% de área degradada que agrava a seca. Disponível: <http://g1.globo.com/espírito-santo/agronegocios/noticia/2016/12/bacia-do-santa-maria-tem-16-de-area-degradada-que-agrava-seca.html>. Acesso: 18 mai. 2020.
- Reckziegel, R.O., Oliveira, R.C., 2011. Biodiversidade de Insetos em Fragmento Florestal em Cascavel, PR. *Revista Eletrônica Científica Inovação e Tecnologia* [Online] 1. Disponível: <https://periodicos.utfpr.edu.br/recit/article/view/4095>. Acesso: 18 mai. 2020.
- Riboldi, L.C.O., Récio, L.V., Ferreira, I.J.M., Ferreira, J.H.D., Couto, E.V., 2017. Análise das Métricas de Ecologia de Paisagem em Fragmentos Florestais no Município de Salgado Filho/PR. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 8, 177-185.
- Rodrigues, S.S., Salimon, C., Vital, S.R.O., 2017. Fragmentação florestal na Área de Proteção Ambiental de Tambaba, Paraíba, Brasil. *Pesquisa e Ensino em Ciências Exatas e da Natureza* [Online] 1. Disponível: <http://dx.doi.org/10.29215/pecen.v1i2.446>. Acesso: 18 mai. 2020.
- Sá Volotão, C.F., 1998. Trabalho de análise especial - métrica do fragstats. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). São José dos Campos, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. Disponível: <http://www.dpi.inpe.br/cursos/ser431/trabalhos/fragstats.pdf>. Acesso: 18 mai. 2020.
- Sales, E.F., Araujo, J.B.S., Baldi, A., 2018. Sistemas Agroflorestais e Consórcios no Estado do Espírito Santo: relatos de experiências. *INCAPER – Instituto Capixaba de Pesquisa e Extensão Rural*, 22.
- Sampaio, A.C.F., Germano, P.J.M.M.T., Angelis, B.L.D., Nocchi, M.J., 2018. Classificação ambiental dos fragmentos florestais da área rural do município de Maringá-PR, Brasil: primeiras etapas. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente, Maringá* [Online] 11. Disponível: <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2018v11n1p253-276>. Acesso: 18 mai. 2020.
- Santos, I.A., Aizen, M., Silva, C.I., 2014. Conservação dos polinizadores. In: Rech, A.R.; Agostini, K.; Oliveira, P.E.; Machado, I.C. *Biologia da Polinização*. Editora Cultural, Rio de Janeiro, 493-526.
- Santos, R.B., Menezes, J.A., Confalonieri, U., Madureira, A.P., Duval, I.B., Garcia, P.P., Margonari, C., 2019. Construção e aplicação de um índice de vulnerabilidade humana à mudança do clima para o contexto brasileiro: a experiência do estado do Espírito Santo. *Saúde e Sociedade* 28, 299-321. Disponível: 2152

- <https://doi.org/10.1590/s0104-12902019180431>. Acesso: 20 mai. 2020.
- Sarmiento, J.E.H., 1988. Introducción al manejo de cuencas hidrográficas, 1. Universidad de Santo Tomás, Ediciones Usta, Bogotá.
- Schaadt, S.S., Vibrans, A.C., 2015. O uso da terra no entorno de fragmentos florestais influencia a sua composição e estrutura. *Floresta e Ambiente* 22, 437-445.
- Silva, A.L., Longo, R.M., Bressane, A., Carvalho, M.F.H., 2019. Classificação de fragmentos florestais urbanos com base em métricas da paisagem. *Ciência Florestal* [online] 29. Disponível: <https://doi.org/10.5902/1980509830201>. Acesso: 18 mai. 2020.
- Silva, D.C., Pereira, J.M., Ortiz, D.C., Oliveira Filho, L.C.I., Pinto, L.V.A., Baretta, D., 2020. Edaphic fauna as a soil quality indicator in forest fragments and coffee growing area. *Brazilian Journal of Development* [online] 6. Disponível: <https://doi.org/10.1590/2179-8087.009017>. Acesso: 18 mai. 2020.
- Silva, D.P., Barbieri, L.R., Ferreira, I.J., Ferreira, J.H.D., Couto, E.V.D., 2017. Efeitos da fragmentação florestal no município de Japurá-Paraná. *Revista de Geografia, Meio Ambiente e Ensino* 8, 186-195.
- Silva, J.B., Vital, S.R.O., Chaves, J.R., 2016. Efeitos da fragmentação florestal na bacia do alto curso do rio Gramame, município de Pedras de Fogo (PB). *Revista de Geociências do Nordeste* [online] 2. Disponível: <https://periodicos.ufrn.br/revistadoregne/article/view/10645>. Acesso: 18 mai. 2020.
- Silvério Neto, R., Bento, M.D.C., Menezes, S.J.M.D.C.D., Almeida, F.S., 2015. Caracterização da cobertura florestal de unidades de conservação da Mata Atlântica. *Floresta e Ambiente*, 22, 32-41.
- SICAR. Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural, 2020. Disponível: <http://www.car.gov.br/publico/imoveis/index>. Acesso: 23 mai. 2020.
- Thiago, C.R.L., Magalhães, I.A.L., Santos, A.R., 2020. Identificação de Fragmentos Florestais Potencias para a delimitação de Corredores Ecológicos na bacia hidrográfica do Rio Itapemirim, ES por meio técnicas de Sensoriamento Remoto. *Revista Brasileira de Geografia Física* [online] 13. Disponível: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v13.2.p595-612>. Acesso: 18 mai. 2020.