

PADRÕES ESPACIAIS DE FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL NA FLONA DO IBURA - SERGIPE

Spatial patterns of forest fragmentation in the Flona Ibura - Sergipe

Maria do Socorro Ferreira da Silva *

Rosemeri Melo e Souza **

Resumo

Esse trabalho visa analisar os padrões espaciais de fragmentação florestal na Floresta Nacional do Ibura e entorno, a luz das métricas da paisagem: Tamanho do Fragmento, Área Core, Forma e Isolamento. A pesquisa ocorreu mediante levantamento bibliográfico; pesquisa de campo; elaboração do mosaico e das métricas no software ArcGis e na ferramenta Patch Analyst, respectivamente. A FLONA é um fragmento de Mata Atlântica com potencial fitogeográfico, representada por manchas de floresta ombrófila densa e manguezal, que resguarda o aquífero Sapucari usado para abastecimento local. Esse potencial é ameaçado face aos usos atribuídos no entorno. A Área Core indicou que 52,35% da área está menos propícia aos efeitos de borda. A Média do Índice de Forma (1,45) indicou manchas com formas irregulares, menos recomendadas para conservação; e, a Relação Perímetro Área (0,425) mostrou menor relação da área interna com as bordas devido a Área Core. O Índice de Proximidade (0 a 1.552m) apontou alto índice de isolamento o que pode resultar na extinção dos fragmentos menores. A fragmentação pode evoluir caso não sejam implementadas propostas de conectividade. As métricas podem fundamentar propostas de futuros corredores ecológicos de Mata Atlântica e/ou outras estratégias de conectividade, identificando fragmentos prioritários para conservação.

Palavras-chave: Unidade de Conservação, Potencial fitogeográfico, Fragmentos florestais, Métricas da paisagem.

Abstract

This study aims to examine the spatial patterns of forest fragmentation on National Forest Ibura and its surroundings, the light from landscape metrics: Size of the Fragment, Core Area, Shape and Isolation. The study was conducted through literature review, field research, development mosaic and metrics in software ArcGis and tool Patch Analyst, respectively. The FLONA is a fragment of Atlantic Forest with potential phytogeographical, represented by patches of dense rain forest and mangroves, which protects the aquifer Sapucari used for local consumption. This potential is threatened against the economic potential in the vicinity. Core Area indicated that 52.35% of the area is less prone to edge effects. The average Shape Index (1.45) indicated spots with irregular shapes, less recommended for retention, and the Perimeter-Area Ratio (0.425) showed a smaller area ratio of internal to the edges due to the Core Area. The Proximity Index (0 to 1.552m) showed high levels of insulation, can result in the extinction of the smaller fragments. The Fragmentation can evolve if they are not implemented proposals for connectivity. The Metrics can support proposals for future corridors of Atlantic and/or other connectivity strategies, identifying fragments priority for conservation.

Key words: Conservation Unit, Phytogeographical potential, Forest fragments, Landscape metrics.

Resumen

Este trabajo pretende analizar los patrones espaciales de la fragmentación del bosque en el Bosque Nacional Ibura y sus alrededores, la luz de las medidas del paisaje: Tamaño del Fragmento, Zona Núcleo, forma y aislamiento. El estudio se realizó a través de revisión de la literatura, campo de la investigación, el desarrollo el mosaico de métricas en el software ArcGis y herramienta Patch Analyst, respectivamente. El FLONA es un fragmento del Bosque Atlántico, con potencial de fitogeográfico, representada por los parches de densa selva tropical y los manglares, que protege el acuífero Sapucari utilizado para el consumo local. Este potencial se ve amenazada en comparación con los usos asignado en los alrededores. Zona Núcleo indicó que 52,35% de la superficie es menos propenso a los efectos de borde. La media índice de forma (1,45) indica manchas con formas irregulares, menos recomendadas para la conservación; e, del Relaciones Perímetro Área (0,425) mostraron menor proporción de área de las fronteras interiores con la Zona Núcleo. El Índice de Proximidad (0 a 1.552m) mostraron altos niveles de aislamiento, puede resultar en la extinción de los fragmentos más pequeños. La fragmentación puede evolucionar si no se aplican las propuestas de la conectividad. Las métricas pueden apoyar las propuestas para el futuro de los corredores Atlántico y / u otras estrategias de conectividad, la identificación de prioridades para la conservación de los fragmentos.

Palabras-clave: Unidad de Conservación, Potencial fitogeográfico, Fragmentos de bosque, Medidas del paisaje.

(*) Prof.^a Dr.^a. da Universidade Federal de Sergipe - Av. Marechal Rondon, S/N Pólo de Pós-Graduação, sala 01, CEP: 49100000, São Cristóvão (SE), Brasil. Tel: (+ 55 79) 21056796 - ms.ferreira.s@hotmail.com

(**) Prof.^a Dr.^a. do Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal de Sergipe - Av. Marechal Rondon, S/N Pólo de Pós-Graduação, sala 01, CEP: 49100000, São Cristóvão (SE), Brasil. Tel: (+ 55 79) 21056796 - rome@ufs.br

INTRODUÇÃO

Os usos atribuídos ao território sem planejamento têm implicado na perda da biodiversidade nos diversos biomas brasileiros o que tem dificultado a gestão ambiental dessas áreas, especialmente em Unidades de Conservação (UCs).

As UCs são estabelecidas pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), cujas paisagens naturais estão envolvidas por ambientes fortemente antropizados. Em vários estados essas paisagens vêm sendo caracterizadas por fragmentos florestais os quais nem sempre cumprem as finalidades ecológicas.

Assim, a análise dos fragmentos a partir da ecologia de paisagens tem como ponto central o reconhecimento da dependência espacial entre as unidades de paisagem. Em outras palavras, compreender que o funcionamento de uma unidade de paisagem depende das interações com as unidades vizinhas (METZGER, 2001, 2003).

A análise dos padrões da fragmentação florestal pode ser feita através das métricas da paisagem, consideradas como base para análises que visam quantificar a estrutura da paisagem, pois fornecem suporte científico para evidenciar a quantidade e qualidade das manchas com base na Ecologia da Paisagem considerando principalmente, o Tamanho do Fragmento, a Área Core, a Forma e o grau de Isolamento dos Fragmentos.

Nesses aspectos, reforçamos a aceção de O'Neill et al., (1988) e Turner (1990) quando afirmam que a avaliação da estrutura da paisagem a partir das métricas é considerada um método eficiente para a análise das condições ecológicas de uma determinada localidade. As métricas ajudam a compreender a estrutura complexa da paisagem, assim como as influências nas relações ecológicas (CARRÃO et al., 2001).

O conceito de estrutura da paisagem foi fortemente determinado por ferramentas computacionais, especialmente com o uso de Sistema de Informações Geográficas (SIG) e com o processamento de imagens. Assim, para compreender os padrões da estrutura da paisagem foi desenvolvido um conjunto de métodos de medidas da estruturação da paisagem (landscape metrics) (LANG e BLASCHKE, 2009) conhecidas como métricas da paisagem usadas para quantificar os padrões espaciais por meio de ferramentas de sensoriamento remoto e geoprocessamento.

Esse artigo tem como recorte empírico a Floresta Nacional (FLONA) do Ibura e seu entorno em Nossa Senhora do Socorro e Laranjeiras-SE. E como objetivo analisar os padrões espaciais de fragmentação florestal nessa UC e seu entorno a partir das métricas da paisagem Tamanho do Fragmento, Área Core, Forma e Isolamento dos Fragmentos.

A FLONA é uma UC de Uso Sustentável de 144ha, localizada em Nossa Senhora do Socorro, há uma distância de 13km de Aracaju, cujo entorno considerado na pesquisa envolve parte do Município de Laranjeiras-SE (Figura 1). A unidade foi criada para promover o manejo múltiplo sustentável dos recursos florestais de Mata Atlântica, a manutenção de banco de germoplasma in situ (conservação de espécies em seu meio natural) de espécies florestais e da biodiversidade, recuperação de áreas degradadas e a pesquisa científica (BRASIL, 2005). Para analisar a estrutura da paisagem numa UC dessa categoria, a qual por Lei prevê zona de amortecimento, é preciso levar em conta além dos contornos oficiais uma vez que as pressões do entorno comprometem a conservação dos fragmentos.

No espaço externo da FLONA são desenvolvidas diversas atividades (cultivos, pastagem, industrial, extração mineral, aquicultura) que geram impactos que comprometem a qualidade e quantidade dos fragmentos florestais. Todavia, apesar da fragmentação florestal, como consequência das atividades desenvolvidas no seu entorno, essa UC ainda dispõe de potencial fitogeográfico, representado pelos vários serviços ambientais prestados gratuitamente a comunidade, como por exemplo, a manutenção dos atributos biofísicos (geologia, relevo, solo, recursos hídricos, aspectos climáticos e evolução das espécies de fauna e flora).



A área pesquisada tem grande importância no contexto sergipano face aos recursos hídricos. Essa unidade está localizada nas margens do Rio Cotinguiba, um dos principais afluentes do Rio Sergipe, e no seu subsolo encontra-se o manancial do Ibura, Aquífero Sapucari. Esse recurso é explorado pela Companhia de Saneamento de Sergipe (DESO) e pela prefeitura Municipal de Nossa Senhora do Socorro para captação de água, cujos poços servem para abastecer cerca de 60 mil pessoas da região metropolitana de Aracaju além da população do Povoado Estiva, no entorno da FLONA, respectivamente. Essa informação reforça a relevância da conservação dos fragmentos de Mata Atlântica tanto no espaço interno como externo da UC, uma vez que a captação de água potável em ambientes fortemente antropizados está cada vez mais difícil.

O estabelecimento dos padrões espaciais através das métricas da paisagem é de suma importância na análise da fragmentação florestal, pois permite quantificar a estrutura da paisagem possibilitando acompanhar a dinâmica e evolução das unidades de paisagem como resultado dos efeitos da fragmentação em função do uso sem planejamento do território.

Na análise da FLONA e seu entorno as métricas apontaram tamanhos variados dos fragmentos florestais, sendo possível visualizar mudança de classe de tamanho após o cálculo da Área Core, além de um alto grau de retalhamento da paisagem, cujas manchas estão envolvidas por diversos tipos de usos o que pode aumentar os efeitos de borda, principalmente nas manchas que apresentam formas irregulares, aumentando a fragilidade ambiental.

A pesquisa evidenciou que embora grande parte da vegetação tenha sido retirada no entorno da FLONA, ainda há fragmentos de grande valor para a conservação ambiental que podem ser usados para estabelecer estratégias de conectividade. Mas, é preciso criar e implementar os mecanismos de gestão ambiental, dentre eles o zoneamento ecológico econômico considerando-se o entorno. As informações sobre a quantificação da paisagem podem subsidiar tal proposta na perspectiva de reduzir os efeitos nocivos da fragmentação florestal que repercute na perda da biodiversidade.

A análise dessas métricas pode contribuir para elaboração de propostas de futuros corredores ecológicos de Mata Atlântica assim como outras estratégias que priorizam estabelecer a conectividade florestal na perspectiva de conservar os fatores biofísicos e evitar a extinção de diversos fragmentos que se encontram ameaçados.

MATERIAL E MÉTODO

Para realização da pesquisa foram desenvolvidas várias etapas, tais como:

- a) Levantamento bibliográfico e documental sobre a temática abordada;
- b) Pesquisa de campo no espaço interno e externo da UC, considerando um quadrante de 4km a partir do centro da FLONA, perfazendo uma área de 6.565ha, cuja etapa visou verificar o uso e cobertura do solo;
- c) Elaboração do mosaico e das métricas da paisagem, por meio da teledetecção, para análise da paisagem a partir da Ecologia da Paisagem. O mosaico foi elaborado a partir de ortofotocartas/2003 na escala 1:10.000 no software ArcGis 9.3. O cálculo das métricas foi realizado com o uso da ferramenta Patch Analyst a qual foi acoplada ao ArcGis.

A ferramenta Patch Analyst é uma versão modificada do Fragstats, que foi desenvolvida para ser aplicada no software ArcView 3.xtm (ou superior) da ESRI. Essa extensão calcula estatísticas espaciais que provêm de arquivos vetoriais e de arquivos matriciais.

A pesquisa de campo foi fundamental para auxiliar na atualização e interpretação das informações, onde as observações sistematizadas e o posicionamento geográfico, através do uso do GPS Garmim, foram anotados. De posse das informações os pontos foram plotados sobre as ortofotocartas para confirmação e/ou alteração do uso e cobertura do solo, resultando no mapa base para os cálculos das métricas que propiciaram as análises da estrutura da paisagem na FLONA e seu entorno.



Para a elaboração das métricas da paisagem, após a elaboração do mapa de uso e cobertura do solo, foram extraídos os shapefiles que representavam os fragmentos florestais de vegetação ombrófila densa, de manguezal e capoeirão para junção num único shapefile denominado fragmentos florestais. Com essa junção foi possível obter a primeira métrica da paisagem, Tamanho do Fragmento. As manchas foram agrupadas de acordo com as classes de tamanho em hectares (0-10; 10-20; 20-40; 40-80; 80-160; 160-320; 320-683).

Com base nessa métrica aplicou-se um buffer negativo de 50m para cálculo da Área Core, cuja análise ocorre por meio de cálculo de uma área de amortecimento (buffer), direcionado para dentro do fragmento. Quando mais próximo de zero mais forte é o efeito de borda, sendo que as manchas muito pequenas não têm Área Core (LANG e BLASCHKE, 2009). Para espacializar a quantificação da paisagem dessa métrica utilizou-se o agrupamento dos valores da métrica anterior (0-10; 10-20; 20-40; 40-80; 80-160; 160-320; 320-432) com suas devidas porcentagens. A partir dessa métrica foram calculadas as métricas referentes à forma, como: Índice de Forma (IS), Relação Perímetro Área (PAR) e suas respectivas médias; e a métrica Isolamento (Índice de Proximidade).

O SI indica que quando o valor é mais próximo de um (1,0) mais arredondada é a forma, sendo a mais indicada para conservação do fragmento (FORMAN, 1995). O principal aspecto da forma é a relação com o efeito de borda (VOLATÃO, 1998). Vale ressaltar que quanto mais se afasta da forma padrão (círculo perfeito) mais recortada se torna a forma da mancha, sendo mais suscetível ao efeito de borda (MCGARIGAL et al., 2002). A forma circular tem uma maior relação de espécies no interior do que as retangulares (FORMAN; GODRON, 1986).

O índice PAR, que apresenta o tamanho da mancha em relação ao seu perímetro, baseia-se no cociente perímetro/área visando avaliar a complexidade da forma de um fragmento, comparando com uma forma circular (vetorial) onde os resultados são expressos através das formas mais simples as mais complexas (MECGARIGAL; MARKS, 1995). Essa métrica indica que quanto menor o valor (abaixo de um) maior será a proteção do fragmento, ou seja, menor a relação de sua área interna com a área externa.

O Índice de Proximidade (Proximity Index – PX) foi calculado com base na distância euclidiana entre fragmentos, para medir o grau de isolamento da mancha e a fragmentação dentro da vizinhança. Nessa análise, consideraram-se os parâmetros usados por Almeida (2008), a saber: baixo isolamento - a distância de até 60m de borda a borda da mancha; médio até 120m; alto - até 200m; e, muito alto - acima de 200.

O cruzamento das informações, a partir das métricas da paisagem, foi de grande relevância na análise dos efeitos da fragmentação na FLONA e seu entorno, pois mostrou a real situação das manchas considerando-se o Tamanho do Fragmento, Área Core, a Forma e a distância ao vizinho mais próximo. Tais informações são cruciais para propostas que visem minimizar os efeitos da fragmentação em ambientes fortemente antropizados, em especial detentores de remanescentes florestais de Mata Atlântica.

ESTRUTURA, FRAGMENTAÇÃO, RETALHAMENTO E ISOLAMENTO DA PAISAGEM

A estrutura da paisagem é o estudo do mosaico da paisagem que aparece como padrão e o ordenamento espacial específico de determinadas áreas. O estudo do relacionamento espacial entre os elementos da paisagem constitui-se como tema central da pesquisa na ecologia da paisagem tendo levando em consideração que a estrutura horizontal da paisagem relaciona a distribuição dos objetos ecológicos (FORMAN; GODRON, 1986).

A paisagem é resultado do processo evolutivo com fortes influências dos fatores antrópicos, geológicos, geomorfológicos, pedológicos, hidrológicos, fitogeográficos e climáticos. Na abordagem de McGarigal e Marks (1995) o fragmento é o elemento básico da paisagem. Já a paisagem é formada por um mosaico, considerados elementos dinâmicos que ocorrem nas mais variadas escalas espaciais e temporais.

A análise da paisagem abrange o reconhecimento dos elementos que aparecem como manchas ou retalhos e variam de acordo com o tamanho, a forma, o número, o tipo, a heterogeneidade e características das bordas (SOARES FILHO, 1998).

Essa estrutura da paisagem é composta pelos elementos: mancha, corredor e matriz. A mancha (patch) ou retalho, definida como superfície não linear inserida na matriz e se difere em aparência de seu entorno, variam em tamanho, forma, tipo, heterogeneidade e característica de bordas (FORMAN; GORDON, 1986), sendo que os menores elementos individuais observados na paisagem que sempre estão embebidas numa matriz. Os corredores são estruturas lineares que funcionam para conectar os elementos da paisagem (FORMAN, 1995) facilitando os fluxos hídricos e biológicos.

Já a matriz é um elemento estendido da paisagem, relativamente homogêneo incluindo as manchas e os corredores de diferentes tipos, desempenhando um papel relevante para o fluxo de energia, o ciclo das substâncias e o regime das espécies na paisagem. A matriz representa o tipo de elemento com maior conectividade e que ocupa a maior extensão na paisagem, tendo maior influência no funcionamento dos outros ecossistemas (FORMAN; GODRON, 1986). O que constitui a matriz dependerá da escala de investigação da pesquisa. Em uma escala particular, por exemplo, uma floresta madura pode ser a matriz com manchas em perturbação embutidas dentro. Já numa escala mais abrangente, a matriz pode ser as terras agrícolas com manchas de floresta embutidas (MCGARIGAL; MARKS, 1995).

A fragmentação florestal, caracterizada por uma ruptura da unidade de paisagem (METZGER, 2003), frequentemente isoladas umas das outras (PRIMACK; RODRIGUES, 2001), encontra-se entre as mais graves ameaças para a manutenção dos ecossistemas e da diversidade biológica (DEBINSKI; HOLT, 2000), se traduz no processo de separação florestal provocando e/ou acentuando o grau de isolamento entre as espécies (CERQUEIRA, 1995). Esses fragmentos acabam formando uma paisagem em mosaico, com a estrutura constituída por matriz, manchas, corredores (METZGER, 2001). A fragmentação não significa apenas perda de áreas e sub-divisão de habitat contínuo em manchas isoladas, resulta também no aumento da complexidade do mosaico que pode ser avaliada por parâmetros de diversidade da paisagem e complexidade de bordas (METZGER, 1999).

Quanto menor o fragmento, maior a influência dos fatores externos sobre ele, face à intensidade do efeito de borda. Os fragmentos são vulneráveis as mudanças físicas do ambiente, mas seus efeitos variam em função do seu tamanho, da forma e do grau de isolamento considerando-se os demais fragmentos. Quanto mais fragmentada a área haverá maior a heterogeneidade da paisagem, o que implica no aumento das perturbações nesses ambientes.

O retalhamento da paisagem é um fator de fragmentação do habitat, cuja tendência é a diminuição de áreas em pedaços, retalhos ou remanescentes florestais. O retalhamento tem como consequência a combinação de vários efeitos negativos que se acumulam nos componentes biofísicos.

O isolamento dos fragmentos significa a diminuição da diversidade biológica, bem como das taxas de imigração ou recolonização. Quanto maior o grau de fragmentação, mais altos são os riscos de fixação de espécies exóticas, das plantas invasoras que tendem a competir com as espécies nativas, acelerando ainda mais a perda da biodiversidade e o isolamento. Thorne (1993) adverte que as espécies de plantas invasoras alteram a estrutura da paisagem, o regime de fogo e inibem a regeneração das espécies nativas.

A fragmentação florestal propicia o aumento do efeito de borda, que tende a aumentar a temperatura do ar e o déficit da pressão do vapor, estendendo a aproximadamente 60 metros para dentro de fragmentos de 100ha. O efeito de borda acaba estabelecendo espécies generalistas, atraídas para as bordas, com tendência de penetrar nos núcleos (Área Core) dos fragmentos. Essas espécies têm característica de excelentes dispersoras e capacidade para invadir e colonizar habitats em distúrbios (DIAS; LATRUBESSE; GALINKIN, 2000). Esse processo provoca mudanças no equilíbrio ambiental, modificando as relações ecológicas, entre a fauna, flora e o meio abiótico (RIBEIRO; MARQUES, 2005).



Com relação aos efeitos de borda nos ambientes florestais a temperatura, a umidade, o vento e a intensidade da luz são fatores abióticos que definem entre a borda e o interior da floresta. As áreas das bordas tendem ser mais quentes, menos úmidas, mais iluminadas e ventiladas do que o interior da floresta (MURCIA, 1995; KAPOs, 1989). Esses efeitos abióticos alteram a estrutura dos fragmentos propiciando a instalação de parasitas e introdução de espécies exóticas podendo ultrapassar as bordas do fragmento, e, a depender das características da mancha, atingir a Área Core.

Os principais efeitos da fragmentação estão diretamente relacionados ao aumento do isolamento dos fragmentos, a diminuição em seu tamanho, e, ao aumento da suscetibilidade a distúrbios externos, como invasão por espécies exóticas ou alterações em suas condições físicas (GENELETTI, 2003) o que implica em alterações do tamanho, da Área Núcleo, na forma do fragmento e nos efeitos de borda que por sua vez se traduz em perda da biodiversidade. Além do mais é importante considerar a variedade de espécies que não sobrevivem em ambientes fragmentados.

Nesse sentido, os efeitos nocivos do processo de fragmentação ultrapassam a supressão de habitat, afetando a qualidade dos remanescentes florestais, onde um pequeno grupo de espécies vegetais adaptadas às perturbações antrópicas, principalmente árvores e arbustos pioneiros, tem forte tendência a dominar (LAURANCE et al., 1997).

A estrutura da paisagem também engloba os atributos fatores biofísicos: geologia, geomorfologia, pedologia, climatologia e a fitogeografia, sendo essa considerada como fator fundamental para a manutenção dos demais elementos. Esses elementos são fortemente modificados pelas relações socioeconômicas que têm se configurado como uma das principais causas da fragmentação e retalhamento da paisagem.

Nesta pesquisa, a estrutura da paisagem foi analisada a partir da disposição espacial dos fragmentos florestais de Mata Atlântica associados com outros ecossistemas, onde será dada ênfase ao arranjo espacial a partir das métricas da paisagem, em especial aquelas que quantificam o tamanho, a forma, o isolamento e o grau de conectividade dos fragmentos.

Em Sergipe as UCs de domínio público foram criadas no início da década de 1990, mas levaram um longo período para o início de sua implementação, como o caso da APA do Litoral Sul e a do Morro do Urubu, cuja vegetação ficou reduzida a remanescentes florestais desconectados, o que pode levar ao isolamento das espécies além dos danos causados pela retirada da cobertura vegetal que afeta a manutenção dos demais fatores físicos e tem resultado na perda da biodiversidade.

Na contemporaneidade a tendência é que o retalhamento da paisagem continue ocorrendo face às demandas por solos férteis para o avanço do cultivo da soja, da cana-de-açúcar, do eucalipto, da pastagem, além da necessidade de áreas para a instalação atividades ligadas à indústria, a mineração e ao turismo.

Nesse sentido, a tendência aponta para o aumento dos efeitos de borda e a redução do tamanho dos fragmentos florestais bem como sua conservação. Suscitando desse modo, procedimentos administrativos a partir de políticas públicas efetivas a luz de pesquisas de natureza geográfica e ecológica, considerando-se a leitura da paisagem em sua totalidade na perspectiva de criar base para propostas efetivas e implementação dos mecanismos de gestão ambiental.

Ademais, a presença de vegetação diminui os efeitos da chuva sobre o solo, evitando índices de erosão laminar e ravinamento; aumenta porosidade do solo e a capacidade de infiltração de água; além de fornecer suporte para manutenção da biodiversidade.

As métricas da paisagem no estudo da fragmentação florestal

A Ecologia da Paisagem envolve três características da paisagem, a saber: a estrutura que diz respeito às relações entre os ecossistemas e/ou elementos presentes, como tamanho, forma, número, tipo e configuração; o funcionamento, que envolve os fluxos de energia, matéria e espécies dentro da paisagem; e as alterações observadas na estrutura e fluxos do mosaico ecológico (FORMAN; GODROM, 1986).

A Ecologia da Paisagem vislumbra o estudo de padrões da paisagem, as interações entre os fragmentos florestais (manchas) dentro de um mosaico da paisagem e sua relação com o meio biofísico.

Esse método considera o desenvolvimento e as dinâmicas da heterogeneidade e sua influência nos processos ecológicos, e o gerenciamento da heterogeneidade espacial (VOLATÃO, 1998). Assim, a capacidade de quantificar a estrutura da paisagem vem sendo considerada como pré-requisito para o estudo da função e mudança de paisagem (PEREIRA et al., 2001).

A Ecologia da Paisagem permite a análise das configurações da paisagem, ressaltando as interações entre os fragmentos florestais num determinado mosaico, formado por uma diversidade de unidades de paisagem homogêneas. Nessa pesquisa foi realizada com base na abordagem geográfica, considerando as análises das relações humanas estabelecidas nos padrões configurados na paisagem da FLONA. Sua importância está ancorada no uso dos resultados para formulação de estratégias de conservação e restauração fitogeográfica a partir de estratégias que visem estabelecer a conectividade entre os fragmentos.

REULTADOS E DISCUSSÃO

As paisagens que configuram o espaço da FLONA e seu entorno estão inseridas no domínio de Mata Atlântica com várias formações arbóreas florestais, cujas fisionomias possuem as seguintes características: floresta ombrófila densa com estrutura florestal (Figura 1) e cobertura superior contínua; vegetação de mangue em diferentes estágios de regeneração (Figura 2); associações secundárias (Figura 3), provavelmente em antigas áreas de pastagem. É comum a presença de serrapilheira (Figura 4) nas manchas de floresta ombrófila em diferentes estágios de regeneração, essencial na contenção de erosão laminar e linear.



Figura 1 - Vegetação em estágio médio de regeneração na FLONA



Figura 2 - Vegetação de mangue na FLONA nas margens do Rio Cotinguiba



Figura 3 - Vegetação secundária no entorno da FLONA em Nossa Senhora do Socorro



Figura 4 - Vegetação com presença de serrapilheira na FLONA

A vegetação de mangue, denominada pelo Código Florestal de 1965 de APPs, encontra-se presente no espaço interno e externo da UC. Essa vegetação é composta por espécies típicas de mangue: *Laguncularia racemosa*, *Rhizophora mangle* e *Avicennia schaueriana*. Todavia, é nítida sua redução nas margens dos cursos d'água, principalmente no Rio Cotinguiba que margeia a FLONA.

As formações fitofisionômicas contrastam com bosques de espécies exóticas: *Eucalyptus globulus* – eucalipto (15 hectares), *Pinus elliottii* (pinus) (três hectares), *Cedrela fissilis* (cedro) dentro do espaço interno FLONA. Nessa UC já foram catalogadas 123 espécies de plantas nativas de valor econômico, ecológico e cultural, entre elas: *Hymenolobium petraeum* duke leguminosae (angelim), *Schinus molle* (aroeira), *Bowdichia nítida* (sucupira), *Inga edulis* (ingá), *Dalbergia nigra* (jacarandá), *Hymenaea courbaril* (jatobá), *Genipa americana* (jenipapo), *Caesalpinia echinata* (pau-brasil), *Tabebuia chrysotricha* (ipê-amarelo), *Tapirira guianensis* (pau-pombo), assim como outras espécies ainda não catalogadas.

O cultivo de eucalipto vem aumentando bastante nos últimos anos em função do potencial natural, como as condições do solo, e principalmente pelas características do relevo cártico, cujo subsolo é rico em água.

A paisagem da FLONA e entorno está configurada por várias unidades de paisagem tais como: os fragmentos florestais que representam 28,11%, os recursos hídricos 3,26%, as pastagem (44,01%) que representa a matriz predominante, os cultivos (13,81%), e demais usos e ocupação do espaço externo da UC, como área indústria, área de extração de minérios, aquicultura, adensamentos urbanos, solos expostos e estradas os quais somam 10,81%.

O desenvolvimento das atividades sem planejamento tem implicado no retalhamento da paisagem, e os atributos biofísicos vêm sendo cada vez mais comprometidos, com destaque para a supressão da vegetação, embora seja considerada como um elemento primordial para a conservação dos demais fatores físicos.

TAMANHO DO FRAGMENTO, ÁREA CORE E EFEITO DE BORDA

O tamanho e a densidade da mancha e/ou fragmento é a medida mais simples de configuração, mas representa o atributo fundamental para o cálculo de outras métricas. Para Viana et al., (1992) a distribuição das classes conforme o tamanho dos fragmentos na paisagem é de suma importância para o desenvolvimento de estratégias para a conservação da biodiversidade.

A métrica Área Core é considerada pela literatura como medida muito mais forte de qualidade de habitats do que a área dos fragmentos, pois apresenta uma previsão do que realmente está sendo conservado (VOLATÃO, 1998). McGarigal et al. (2002) consideram esse índice como o melhor indicativo da qualidade das manchas pois seu cálculo mostra o tamanho real do fragmento quando reduz as áreas de bordas.

Na FLONA e entorno foram encontrados 56 fragmentos (Número de Manchas - NP) evidenciando paisagem bastante fragmentada. Todavia, após o cálculo da Área Core os fragmentos foram disjuntos, totalizando 117 fragmentos (NP) (Figura 5) como resultado dos efeitos de borda em ambientes fragmentados.

O Índice Tamanho dos Fragmentos na FLONA e entorno variou entre 0,00043ha a e 683ha. Entretanto, após o cálculo da métrica da paisagem Área Core, considerando-se a simulação do buffer de 50m, esses valores diminuíram em função do efeito de borda (medido de fora para dentro das manchas), resultando na separação de vários fragmentos devido ao tamanho e as formas irregulares (Figura 5).

Verificou-se que o maior fragmento encontrado nas proximidades dessa UC, que media 683ha, após a aplicação do buffer, foi disjunto, e o mesmo ficou dividido em cinco manchas de 261ha, 4,5ha, 225,8ha, 1,18ha e 0,46ha, somando 494,94ha. Na paisagem isso significa que uma área de 190,06ha esta sob efeito de borda, o que representa cerca de 28% do fragmento original.



A partir dessa simulação evidenciou-se que os fragmentos não estão conservados na íntegra, pois estão sujeitos aos efeitos da fragmentação florestal em função do tamanho da mancha, da forma e dos efeitos de borda que tendem a diminuir cada vez mais o tamanho e resultar na perda da biodiversidade.

O fragmento da FLONA que engloba parcela do manguezal mediu 159ha, mas, após a aplicação do buffer, o mesmo foi disjunto em cinco manchas, reduzindo para 108,4ha, ou seja, houve uma perda de 31,8% da área face aos efeitos de borda.

A mesma análise para um fragmento de 31ha, após a simulação do buffer, verificou-se que 17ha (45%) da mancha está sob efeito de borda; já num fragmento de 58ha o efeito de borda atinge 31,6% da área; e num de 5ha, embora tenha forma arredondada, o resultado foi de 1,8ha, equivalente a 64% de seu tamanho original. Assim, há forte tendência de perda da biodiversidade, além da alteração dos demais elementos físicos (geologia, geomorfologia, solo, recursos hídricos e do microclima).

Vale reforçar que esses valores não são parâmetros para todas as manchas quando consideradas individualmente, pois a perda de parcela da área da mancha, após a aplicação do buffer, está condicionada ao tamanho, a forma (alongada, quadrada, circular) e aos efeitos de bordas. Estudos mais detalhados, a partir de pesquisa empírica, podem levar em consideração até que ponto do fragmento os efeitos de bordas são sentidos. Nesse último aspecto, as literaturas ainda não têm um parâmetro, pois cada fragmento tem características peculiares e o resultado depende do foco da pesquisa.

De modo geral, na análise da métrica Tamanho do Fragmento observou-se que 50% das manchas possuem menos de 10ha, o que representa 28 fragmentos. Após o cálculo da Área Core, observou-se que 86,33 das manchas passaram a ter menos de 10ha, ou seja, 101 fragmentos, o que sem dúvida expressa a fragilidade dessa paisagem onde grande parte dos remanescentes estão vulneráveis aos efeitos da fragmentação (Figura 5). E, efetivamente implica que essas manchas tendem a ser cada vez mais reduzidas, pois estão envolvidas por cultivos e pastagens que juntas somam 57,82% da paisagem analisada, o que pode aumentar a intensidade dos efeitos de borda.

Os fragmentos que tinham entre 10 e menos de 40ha somavam 20 manchas, o que representa 35,72%. Entretanto, essa mesma classe de tamanho considerando-se a Área Core agrupa 12 manchas (10,26%), e os que possuem acima de 40ha perfazem 14,28% (8 manchas), mas após o cálculo da Área Core correspondem a 3,41% dos fragmentos (4 manchas) (Figura 5).

Tais informações refletem a urgência no reestabelecimento da vegetação nativa em função da importância do potencial fitogeográfico. Percebe-se que embora os fragmentos maiores representem um número menor possuem uma área maior do que as manchas pequenas, sendo, portanto, considerados prioritários para conservação da biodiversidade.

No contexto empírico, através da Área Core pôde-se perceber a parcela do fragmento que realmente está sendo conservada, cujo resultado foi expressado pelo Índice de Área Core ou Núcleo (ICA). Essa métrica confirma o retalhamento da paisagem, além de mostrar que várias manchas estão totalmente envolvidas pelos efeitos de borda, em especial as menores que não possuem Área Core (Figura 5), implicando em perdas significativas para conservação ambiental, onde os fragmentos reduzem as possibilidades de cumprir para as finalidades ecológicas e para a manutenção dos demais atributos.

Vale ressaltar que isso não quer dizer que tais manchas não são importantes, uma vez que as literaturas são unânimes quando consideram a importância dos pequenos fragmentos enquanto trampolins para espécies que migram e/ou se locomovem para fragmentos próximos, além de serem incluídos em estratégias que visam à conectividade florestal.

Ainda no tocante a Área Core e os efeitos de bordas para essa UC e seu entorno, verificou-se que os 56 fragmentos da área pesquisada somaram uma área de 1.827ha (Tamanho das Manchas - CA), e após a aplicação do buffer a área ficou reduzida a 982,4ha (CA). Essa métrica mostrou que apenas 52,35% (TCAI) da área ocupada pelos fragmentos encontra-se menos propícia aos efeitos de borda. Essas análises mostraram quanto o percentual de uma mancha é tomado pela Área Núcleo quando se considera o efeito de borda.



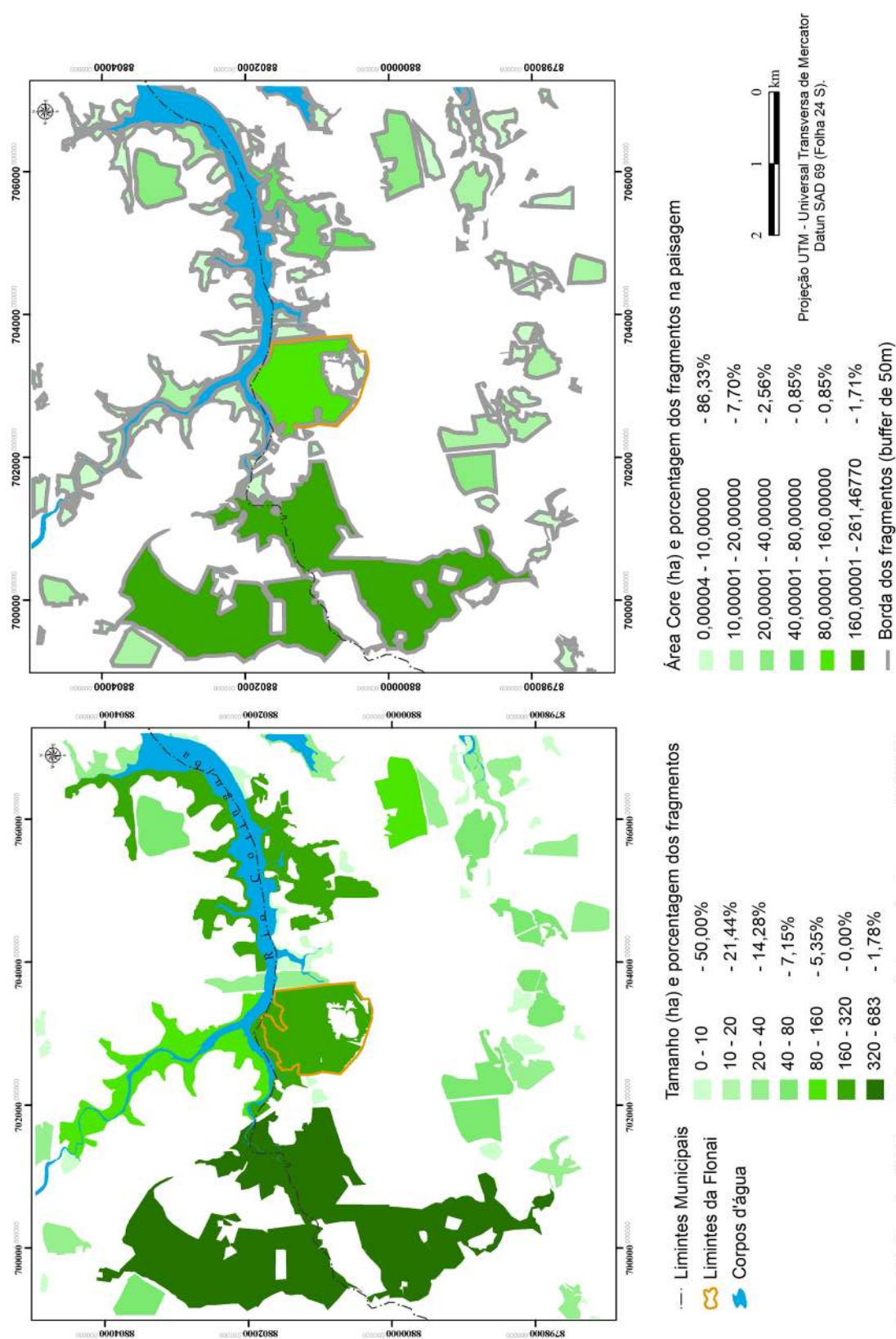


Figura 5 - Métrica da Paisagem Tamanho do Fragmento, Área Core e efeito de borda na FLONA e seu entorno

Estudos de Laurance (1991) mostram que os efeitos de borda podem ser sentidos até 500 metros adentro da floresta. Todavia, são muito mais notados nos primeiros 35 metros (RODRIGUES, 1998). Percebe-se na Figura 6 que várias manchas estão totalmente envolvidas pelo efeito de borda, principalmente nas margens do Rio Cotinguiba, correndo risco de serem extintas da paisagem caso não sejam delineadas medidas de conectividade florestal, principalmente para reestabelecer as APPs.

Quanto ao Tamanho Médio da Mancha (MPS) dos fragmentos o resultado encontrado, desconsiderando o efeito de borda, foi de 32,62ha. Todavia, analisando a Área Core o valor caiu para 8,39ha, o que indica fragmentação da paisagem. A explicação para essa redução está calcada na aceção que quanto maior a quantidade de bordas da mancha haverá um aumento na temperatura do ar, diminuição da pressão do ar implicando em desequilíbrios no ambiente e nas relações ecológicas. A Soma das Bordas (TE) totalizou 116,058km e seu comprimento médio 991,95m (Média do Comprimento da Borda – MPE).

Assim, quanto mais se aproxima da borda, maiores serão os efeitos sentidos no meio biofísico, havendo maior incidência na propagação de espécies invasoras, as quais inibem a regeneração das espécies nativas (ZILLER, 2005). Essa situação se agrava a partir dos usos estabelecidos no entorno dos fragmentos, tais como: pastagens, cultivos, áreas industriais e de extração de minérios, aquicultura, adensamentos urbanos, solos expostos dentre outros.

ÍNDICE DE FORMA E RELAÇÃO PERÍMETRO ÁREA

Para a análise da métrica da paisagem correspondente a forma da mancha foram calculados o Índice de Forma (SI) e a Relação Perímetro Área (PAR) para a FLONA e seu entorno cujos valores estão expostos na Figura 7. O SI mostra se o desenho (forma) do fragmento está compatível com a conservação ecológica e/ou se afasta dos padrões de conservação.

Na área pesquisada esse índice variou entre 1,0 e 3,33 demonstrando que grande parte das manchas possui formas mais alongadas e recortadas, ou seja, menos recomendadas para a conservação da biodiversidade, inclusive o fragmento que representa FLONA. Esse índice constatou que apenas uma parte das manchas menores possui formas próximas de um círculo, ao passo que os maiores fragmentos, por possuírem formas recortadas, em função da quantidade de bordas das manchas, os valores são mais elevados.

Observou-se que apenas 13 fragmentos possuem IS entre 1,0 e 1,2 o que representa 11,11% das manchas em especial aquelas menores que possuem menor quantidade de bordas. Verificou-se que apenas duas manchas com esse índice possuem Área Core de 20 a 40ha, as demais foram classificadas com menos de 20ha. Já as manchas que apresentam IS entre 1,2 e 1,7 perfazem 55,56% das manchas (55 fragmentos) cuja Área Core não ultrapassa 40ha. Os demais fragmentos (39) possuem IS mais elevado, entre 1,7 e 3,3, evidenciando formas complexas com várias bordas, onde estão inseridos tanto fragmentos com pequena Área Core como as demais que possuem acima de 40ha, como o próprio fragmento da FLONA (Figura 6).

Apesar do SI indicar formas mais irregulares para os fragmentos maiores e mais regulares para os fragmentos menores, o tamanho e a forma da mancha estão intrinsecamente ligados à borda, ou seja, quanto menor o fragmento ou mais alongado, mais intenso será o efeito de borda, diminuindo a razão interior-margem (PRIMACK; RODRIGUES, 2001). Nesse sentido, mesmo apresentando formatos mais irregulares, os fragmentos maiores estão sob menor efeito de borda do que os menores (Figura 6) quando se considera a PAR.

Nesse aspecto, a PAR está associada com a Área Core, assim, quanto maior o valor dessa última métrica, menor será a PAR, onde os fragmentos estão menos sujeitos aos efeitos de borda (Figura 6) embora nem sempre apresente formas mais indicadas para conservação. Constatou-se que as manchas maiores obtiveram valores mais baixos, indicando que estão mais conservadas. Vale reforçar que os fragmentos maiores estão em menor quantidade na paisagem, mas representam maior área.

Esse índice variou entre 0,00521 e 14,062 cujos valores maiores representam fragmentos com formas bastante complexas, o que reforça a necessidade de estabelecer a conexão entre as manchas (Figura 6).



Verificou-se através desse índice que 60,68% dos fragmentos analisados possuem uma menor relação de sua área com área externa. As manchas com altos valores são as que estão praticamente envolvidas pelo efeito de borda (Figura 6), com fortes riscos de serem extintas da paisagem.

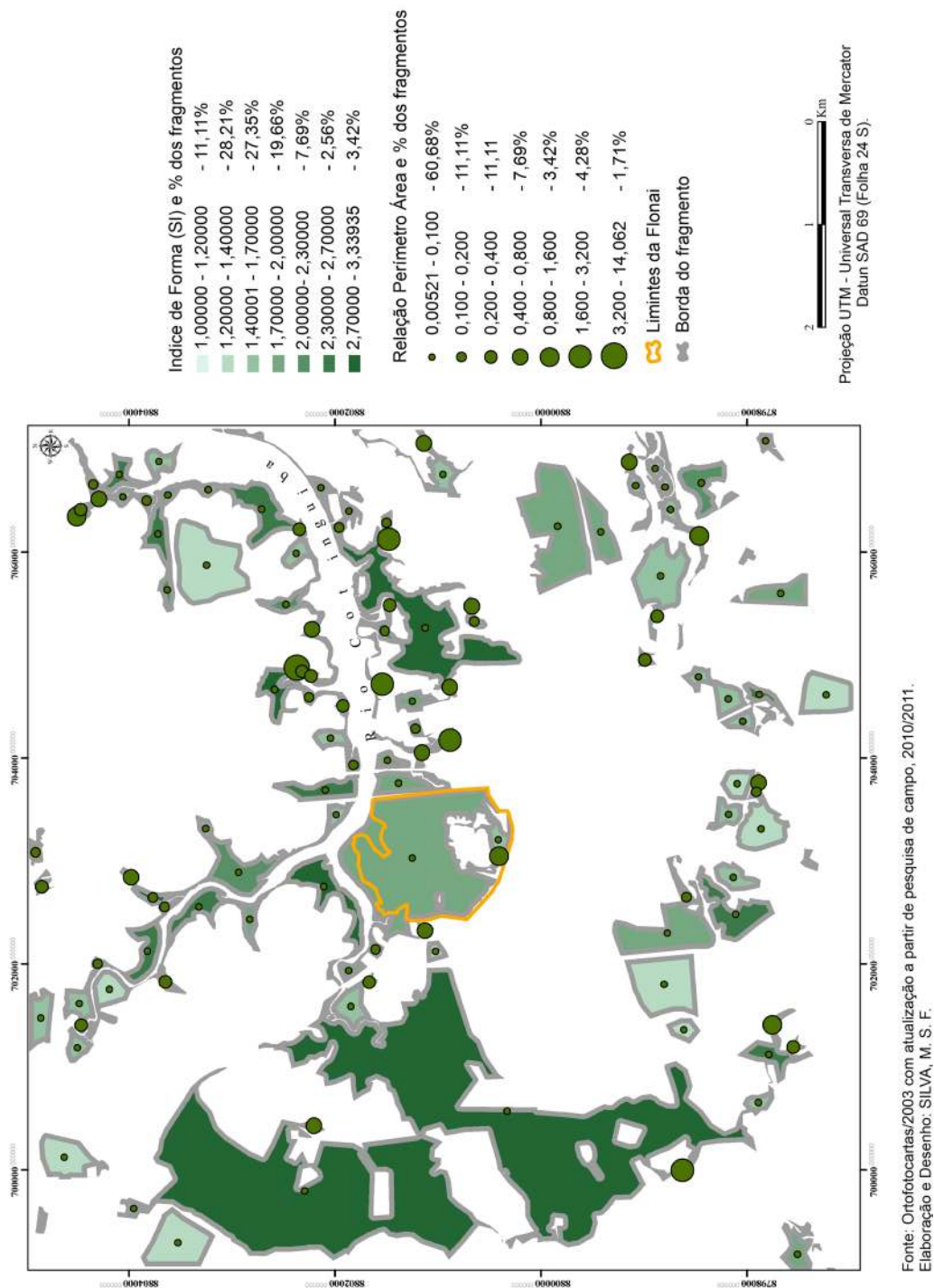


Figura 6 - Índice de Forma e Relação Perímetro Área na FLONA e seu entorno em Nossa Senhora do Socorro e Laranjeiras-SE

Os Índices Médios da Forma (MSI) encontrados foram de 2,0 considerando-se as métricas aplicadas para os fragmentos antes da métrica relacionada ao efeito de borda, e de 1,59 a partir da Área Core, o que denota que, de modo geral, as formas se afastam do padrão circular. Já o Índice Médio do Perímetro pela Área (MPAR) para os fragmentos foi de 0,037 e para os fragmentos a partir da Área Core de 0,425, o que expressa uma menor relação da área interna com as bordas.

Nestes aspectos, McGarigal; Marks (1995) são enfáticos quando consideram que a forma da mancha define a composição das espécies no seu interior, onde círculos perfeitos têm maior relação de espécies no interior do que aqueles fragmentos com forma retangular, que podem chegar ao extremo de possuírem somente espécies de borda, como evidenciados nesse espaço em análise.

ÍNDICE DE PROXIMIDADE

No Índice de Proximidade, que mede o grau de isolamento da paisagem, considera-se que quanto menor a distância maior será a conexão entre os fragmentos, facilitando o movimento da biota e o fluxo genético. Já as altas distâncias entre os fragmentos proporcionará maior grau de isolamento das manchas que compõem a paisagem. Do ponto de vista ecológico a fragmentação florestal e os sucessivos efeitos de borda tendem aumentar o grau de isolamento das espécies podendo resultar na extinção dos fragmentos menores.

O grau de isolamento na paisagem analisada, a partir da distância entre os vizinhos mais próximos, com base na Área Core, variou de 0 a 1.552m, o que aponta para alto grau de isolamento da paisagem (Figura 7).

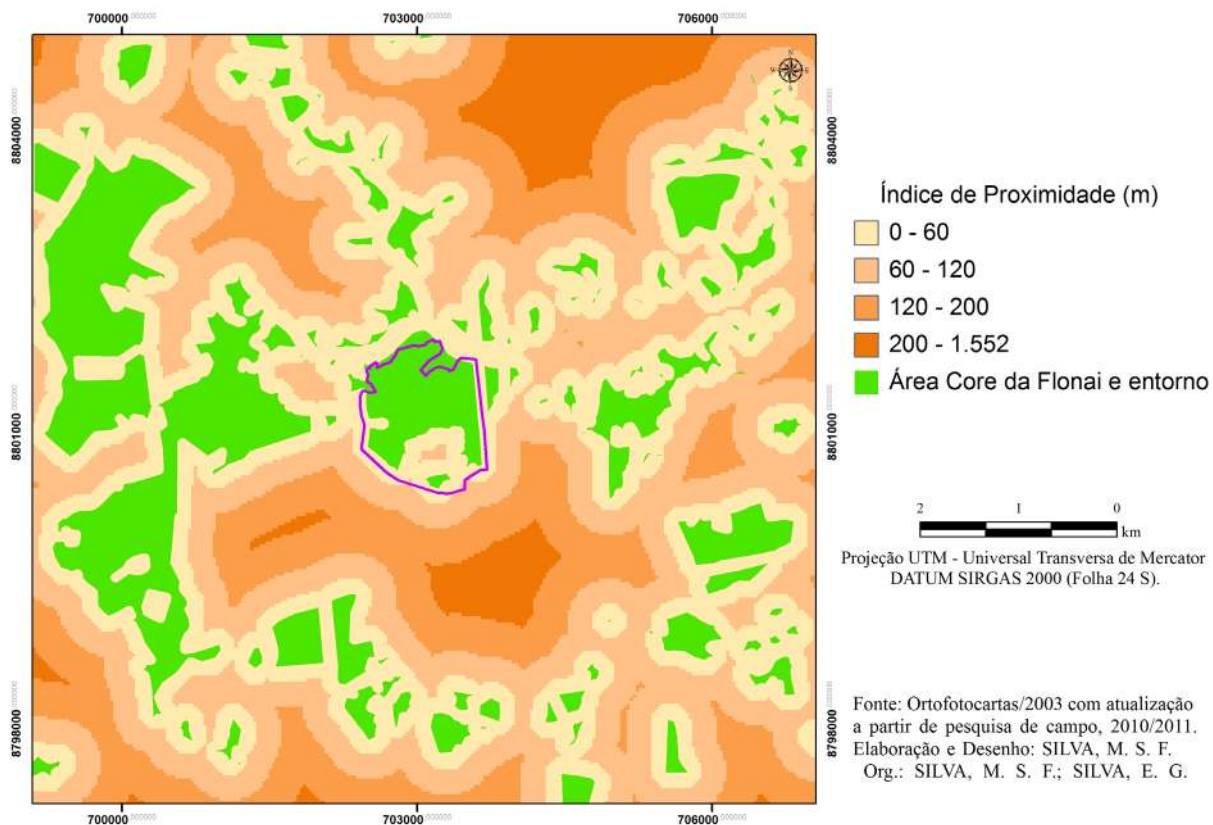


Figura 7 - Métrica da Paisagem Índice de Proximidade na FLONA e seu entorno

A paisagem desse espaço está envolvida por uma matriz predominante, representada pela pastagem (44,01%), cujos efeitos de borda atrelados às pressões dos demais usos configurados no território contribuirão para aumentar o grau de isolamento bem com a extinção dos fragmentos menores. As análises mostraram que paisagem da FLONA e entorno encontra-se em sua maioria com alto e muito alto grau de isolamento.

Assim, do ponto de vista da Ecologia da Paisagem, o isolamento das manchas juntamente com as demais características demonstradas pelas métricas, expressaram que a qualidade e quantidade dos fragmentos podem ser comprometidas. Nesses aspectos, as manchas menores, com o tempo e com as pressões provocadas pelos usos diversos no entorno, tendem a ser extintas da paisagem.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As métricas da paisagem são ferramentas cruciais para análises da fragmentação florestais cujo estudo vem sendo considerado base para a criação e implementação de estratégias de conservação e reestruturação da paisagem. Essas pesquisas podem embasar propostas que priorizem a conectividade desses ambientes.

Os resultados apontaram que 28,11% da área pesquisada ainda dispõem fragmentos florestais representados por manchas de floresta ombrófila densa, vegetação secundária e manguezal. Todavia, as métricas mostraram alto grau de retalhamento da paisagem, somando 56 manchas com tamanhos e formas variadas, onde os efeitos de borda comprometem sua qualidade.

A métrica da paisagem Área Core mostrou que 52,35% da área está menos propícia aos efeitos de bordas (relação interior-margem da mancha) e o restante, 844,6ha está, sob efeito de borda, sendo que há manchas totalmente envolvidas pelo efeito de borda em função do tamanho e da forma.

A Média do Índice de Forma (MSI) foi de 1,59 o que demonstra que as manchas começam a se afastar da forma circular, e a Média da Relação Perímetro Área (MPAR) foi de 0,425 que significa uma menor relação área interna/área externa, portanto menor relação com os efeitos externos. Nessas métricas, é preciso esclarecer que mesmo apresentando formatos irregulares, os fragmentos maiores estão sob menor efeito de borda que os pequenos efetivamente em função de seu tamanho.

O grau de isolamento na paisagem, considerando-se a distância entre vizinhos mais próximos, variou de 0 a 1.552m, apontando alto índice de isolamento, o que pode resultar na extinção das manchas menores além de dificultar a troca de material genético entre as espécies. A análise da proximidade entre os fragmentos é fundamental para os processos ecológicos uma vez que permite visualizar o grau de isolamento dos fragmentos. Essa informação tem relevância para as estratégias de conservação ambiental, como por exemplo, estabelecer medidas de conectividade da paisagem.

Vale ressaltar que os padrões lineares ocasionam perdas substanciais para a biodiversidade, pois dificulta a troca de material genético entre as espécies; além do risco da redução da variedade intra e interespecífica de espécies; da propensão à extinção dos fragmentos menores; da propagação das espécies invasoras devido à quantidade de borda provocando desequilíbrios na Área Core; dentre outras perdas como consequências das formas irregulares e da desconectividade dos fragmentos analisados.

As análises reforçaram que a conservação dos fragmentos depende do tamanho da Área Core, da forma e da proximidade entre as manchas, havendo necessidade de estratégias que visem minimizar os efeitos da fragmentação. Nesse contexto, evidenciam uma paisagem marcada pelos efeitos da fragmentação que podem aumentar devido aos usos atribuídos, com tendência de reduzir ainda mais o potencial fitogeográfico dessa área que faz parte de zona de aquífero de singular relevância para Sergipe.

Na paisagem, as métricas apontam a necessidade de estabelecer medidas de conectividade entre as manchas, visando reduzir a quantidade de bordas dos fragmentos, e futuramente aumentar o tamanho da Área Core das manchas menores, bem como melhorar as formas daquelas que apresentem contornos irregulares.

O uso dessas métricas na análise dos padrões espaciais de fragmentação florestal pode fundamentar propostas de corredores ecológicos e/ou outras estratégias de conectividade, a partir dos fragmentos prioritários para conservação ambiental que podem fazer parte de futuros corredores ecológicos de Mata Atlântica, em especial os fragmentos maiores e aqueles que fazem parte das APPs.

Nessa visão, os mecanismos de gestão ambiental, tais como: plano de manejo, de gestão e zoneamento ecológico econômico precisam incluir o entorno da UC visando disciplinar o uso do solo face à importância dos fragmentos florestais para manutenção dos atributos biofísicos.



REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- ALMEIDA, C. G. **Análise espacial dos fragmentos florestais na Área do Parque Nacional dos Campos Gerais, Paraná**. (Dissertação de Mestrado em Gestão do Território) Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa-PR, 2008. 74p.
- BRASIL. **Decreto nº 19** de setembro de 2005. Institui a Floresta Nacional do Ibura. Brasília-DF, 2005.
- BRASIL. **Lei nº 9.985** de 18 de julho de 2000. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC. Brasília-DF, 2000.
- BROWN JR., K. S.; HUTCHINGS, R. W. Disturbance, fragmentation, and the dynamics of diversity in Amazonian forest butterflies. In: LAURANCE; W. F.; BIERREGAARD JR., R.O. (Eds.). **Tropical forest remnants: ecology, management, and conservation of fragmented communities**. Chicago: University of Chicago Press, 1997. p.91-110.
- CARRÃO, H.; et al., Cálculo de indicadores de paisagem em ambiente SIG. **Anais do Encontro de Utilizadores de Informação Geográfica – ESIG**. Oeiras: Portugal, 28-30 Nov., Lisboa: Associação dos Utilizadores de Sistemas de Informação Geográfica - USIG, 2001. Disponível em: <<http://esig2001.tripod.com>>. Acesso em 02 de março de 2010.
- CERQUEIRA, R. Distribuições potenciais. In: PERES, P. R.; VALENTEIN, J. L.; FERNANDEZ, F. A. S. (Orgs.). **Tópicos em tratamento de dados biológicos**. Rio de Janeiro: UFRJ, 1995. p.141-161.
- DEBINSKI, D.; HOLT, R.. A survey and overview of habitats fragmentation. **Conservation Biology**, v.14, n.2, p.342-355, 2000.
- DIAS, A. LATRUBESSE, E.; GALINKIN, M. **Projeto corredor ecológico Bananal - Araguaia**. Brasília: MMA, 2000.
- ELKIE, P. C.; REMPEL, R. S; CARR, A. P. **Patch Analyst User's Manual. A Tool for Quantifying Landscape Structure**. Ontario Ministry of Natural Resources, Northwest Science & Technology, 1999. Disponível em <http://intranet.catie.ac.cr/intranet/posgrado/GIS%20RRNN/estudio_caso/documentos_2007/pa_manual.pdf> Acesso em 10/02/2010.
- FORMAN, R. T. **Land mosaics: the ecology of landscape and regions**. Cambridge University Press, Cambridge, 1995.
- FORMAN, R. T.; GODRON, M. **Landscape Ecology**. New York. John Wiley & Sons. 1986. 619p.
- GENELETTI, D. Biodiversity impact assessment of roads: an approach based on ecosystem rarity. **Environmental Impact Assessment Review**, v.23, p.343-365, 2003.
- KAPOS, V. Effects of isolation on the water status of forest patches in the Brazilian AMAZON. **Journal of Tropical Ecology**. V. 5, Issue 2, maio de 1989. p. 173-185.
- LANG, S.; BLASCHKE, T. **Análise da Paisagem com SIG**. Tradução: Hermann Kux. São Paulo-SP: Oficina de Textos, 2009. 424 p.
- LAURANCE, W.F. Edge effects in tropical Forest fragments: applications of a model for the design of nature reserves. **Biological Conservation** n. 57, 1991. p. 205-219.
- LAURANCE, W. F. et al. Tropical Forest Fragmentation: Synthesis of a Diverse and Dynamic Discipline. In. **Tropical Forest Remnants Ecology, Management and Conservation of fragmented Communities**. Chicago: University Press, Chicago, 1997.
- MECGARIGAL, K.; MARKS, B. J. **Fragstats: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure**. U.S. Forest Service General Technical Report PNW 351m, 1995.
- METZGER, J. P. 2001. O que é ecologia de paisagens? **Biota Neotropica**. V. 1. nº 1/2, dez/2001. Campinas-SP, 2001. p. 1-9.
- METZGER, J. P. Como restaurar a conectividade de paisagens fragmentadas? In.: KAGEYAMA, P. Y.; OLIVEIRA, R. E.; MORAES, L. F. D.; ENGEL, V. L.; GANDARA, F. B. **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu: FEPAF, 2003. p.51 –76.
- METZGER, J. P. Estrutura da paisagem e fragmentação: análise bibliográfica. **Anais da Academia Brasileira de Ciências** 71. 1999. p. 445-463.

- MURCIA, C. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. **Trends in Ecology and Evolution**. v. 10. n. 2. 1995. p. 58-62.
- O'NEILL, R. V. et al. Resource utilization scales and landscape pattern. **Landscape Ecology**. v.2. 1988. p. 63-69.
- PEREIRA, J. L. G. et al. Métricas da paisagem na caracterização da evolução da ocupação da Amazônia. **Geografia**, v.26, n. 1, 2001.
- PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E. **Biologia da Conservação**. Londrina: Editora Planta. 2001.
- RIBEIRO, S.; MARQUES, J. C. B. Características da paisagem e sua relação com ocorrência de bugios-ruivos (*Alouatta guariba clamitans* Cabrera, 1940; Primates, Atelidae) em fragmentos florestais no vale do Taquari, RS. **Natureza & Conservação**, v.3, n.2, p.65-78, 2005.
- RODRIGUES, E. **Edge effects on the regeneration of forest fragments in south Brazil**. Tese de Doutorado. Harvard University, Cambridge, Massachusetts. 1998. 172p.
- SERGIPE. **Atlas digital**. Secretaria dos Recursos Hídricos, Aracaju, 2011.
- SERGIPE. **Ortofotocarta – 1:10.000** – Restituição Aerofotogramétrica – 1:10.000. Secretaria de Estado de Planejamento – SEPLAN. Elaborado pela Superintendência de estudos e Pesquisas – SUPES, Gerência de Informações Geográficas e Cartográficas – GIGEC. DVD Nº 07. PRODEMA/UFS: São Cristóvão/SE, 2003.
- SOARES FILHO, B. S. **Análise de Paisagem**: Fragmentação e mudanças. Departamento de Cartografia, Centro de Sensoriamento Remoto – Instituto de Geociências/UFGM. Belo Horizonte-MG, 1998. 88 p.
- THORNE, J. Landscape ecology. In: SMITH, D. S.; HELLMUND, P. C. (Ed.). **Ecology of greenways**. Minneapolis: University of Minnesota Press, 1993. p. 23-42.
- TURNER, M. Spatial and temporal analysis of landscape patterns. **Landscape Ecology** v. 4 n. 1, 1990. p. 21-30.
- VOLATÃO, C. F. S. **Trabalho de análise espacial**: Métricas do Fragstats. INPE: São José dos Campos, São Paulo-SP, 1998.
- ZILLER, S. R. **A Estepe Gramíneo-Lenhosa no segundo planalto do Paraná: diagnóstico ambiental com enfoque à contaminação biológica**. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

Trabalho enviado em julho de 2014

Trabalho aceito em agosto de 2014

