



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOSSISTEMAS**



**Avaliação dos fragmentos florestais da
bacia hidrográfica do rio Poxim (Sergipe- Brasil) para fins de
restauração ecológica**

EDILMA NUNES DE JESUS

2013



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOSSISTEMAS**



EDILMA NUNES DE JESUS

**Avaliação dos fragmentos florestais da
bacia hidrográfica do rio Poxim (Sergipe- Brasil) para fins de
restauração ecológica**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Sergipe, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agroecossistemas, área de concentração em Produção em Agroecossistemas, para obtenção do título de “Mestre em Ciências”.

Orientador:

Prof. Dr. Robério Anastácio Ferreira

SÃO CRISTÓVÃO
SERGIPE – BRASIL
2013

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**

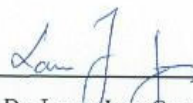
J58a	Jesus, Edilma Nunes de Avaliação dos fragmentos florestais da bacia hidrográfica do rio Poxim (Sergipe – Brasil) para fins de restauração ecológica / Edilma Nunes de Jesus ; orientador Robério Anastácio Ferreira. – São Cristóvão, 2013. 94 f. : il. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Universidade Federal de Sergipe, 2013. 1. Florestas - Fragmentação. 2. Ecologia - Paisagem. 3. Áreas de conservação de recursos naturais. 4. Poxim-Açu, Rio (SE). I. Ferreira, Robério Anastácio, orient. II. Título CDU: 502.51(28):630*2
------	--

EDILMA NUNES DE JESUS

**Avaliação dos fragmentos florestais da
bacia hidrográfica do rio Poxim (Sergipe- Brasil) para fins de
restauração ecológica**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Sergipe, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agroecossistemas, área de concentração em Produção em Agroecossistemas, para obtenção do título de “Mestre em Ciências”.

APROVADA: em 25 de fevereiro de 2013.



Prof.^ª Dr. Laura Jane Gomes
UFS



Prof.^º Dr. Luiz Carlos Marangon
UFRPE



Prof.^º Dr. Robério Anastácio Ferreira
UFS
(Orientador)

SÃO CRISTÓVÃO
SERGIPE – BRASIL

*A Deus, minha família e amigos, essenciais à
minha vida.*

Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, presença sempre viva em mim, pela força durante todo este tempo dedicado à realização deste trabalho, sem Ele não conseguiria concluir mais esta etapa.

A minha família pela parceria e amizade, mesmo com toda distância esse período, vocês também fazem parte da minha caminhada.

A todos os meus amigos, antigos e recentes, não irei citar nomes para não correr o risco de esquecer alguém, mas **todos** são importantes para mim.

Ao meu orientador Profº Dr. Robério Anastácio Ferreira pela orientação e apoio na construção da dissertação. Ao pessoal do grupo Restauração em especial Sandro e Thadeu pela colaboração fundamental nos trabalhos de campo.

A Coordenação, secretaria e todos os professores do Mestrado em Agroecossistemas em especial ao Profº Dr. Genésio Tâmara Ribeiro grande exemplo de profissional e ser humano.

Aos professores da Universidade do Estado da Bahia (UNEB) que continuaram a me acompanhar também na Pós-Graduação em especial Msc. Luis Enrique Figueroa, Dr. Luciene Cristina Lima e Dr. Jeane Menezes (vocês fazem parte de dois grupos: amigos e professores!).

A Superintendência de Recursos Hídricos (SRH) em especial Sérgio e João Carlos pela disponibilidade dos dados e toda boa vontade na realização deste estudo.

Aos professores dos Departamentos de Geografia e Geologia em especial Dr. Hélio Mário de Araújo e Dr. José Antônio Pacheco e todo pessoal do Laboratório de Geografia (DALIGEO) pelas valiosas contribuições na elaboração do trabalho.

Ao pessoal do viveiro pela troca de experiências e conhecimentos.

A CAPES e FAPITEC pela bolsa concedida durante o mestrado.

Epígrafe

“Não é difícil perdoar a destruição causada à Terra no passado, fruto da ignorância. Hoje, contudo, temos fácil acesso a todo o tipo de informação e é essencial que examinemos eticamente o que herdamos, quais são nossas responsabilidades e o que passaremos para as gerações vindouras. Muitas dessas gerações poderão não conhecer habitats, animais, plantas, insetos e microorganismos da Terra. Temos a capacidade e a obrigação de agir e devemos fazê-lo antes que seja tarde demais. O mesmo cuidado que temos em cultivar relações pacíficas com nossos semelhantes, deve ser estendido ao meio ambiente”.

(Dalai Lama)

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	ii
LISTA DE TABELAS	iii
LISTA DE ABREVIATURAS, SÍMBOLOS E SIGLAS	iv
RESUMO	v
ABSTRACT	vi
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. REFERENCIAL TEÓRICO	3
2.1 Paisagem e Fragmentação	3
2.2 Ecologia de Paisagem e Aplicações	5
2.3 Índices ou Métricas de Paisagem	7
2.4 Seleção de Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade e Restauração Ambiental	9
3. CAPÍTULO 1: Análise estrutural dos fragmentos florestais da bacia hidrográfica do rio Poxim-SE como subsídio à restauração ecológica.	
Resumo	13
Introdução	15
Materiais e métodos	16
Resultados e discussão	22
Conclusão	39
Referências bibliográficas	40
4. CAPÍTULO 2. Conectividade de fragmentos florestais como subsídio à restauração ecológica na bacia hidrográfica do rio Poxim-SE.	
Resumo	46
Introdução	48
Materiais e métodos	50
Resultados e discussão.....	56
Conclusão	64
Referências bibliográficas	65
5. CONCLUSÕES GERAIS	71
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72
APÊNDICES	

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1: Análise estrutural dos fragmentos florestais da bacia hidrográfica do rio Poxim-SE como subsídio à restauração ecológica.

FIGURA 1. Bacia hidrográfica do rio Poxim- SE com os rios principais: Poxim, Poxim-Açú, Poxim-Mirim e Pitanga.	17
FIGURA 2. . Organograma esquematizando a metodologia aplicada com a sequência dos procedimentos realizados em toda a análise dos fragmentos.....	18
FIGURA 3. Divisão dos fragmentos florestais da bacia hidrográfica do rio Poxim em classes de tamanho.....	23
FIGURA 4. Total dos valores para área de borda dos fragmentos (m) da bacia hidrográfica do rio Poxim- SE, em toda a paisagem (T) e por classes (I, II, III, IV e V).....	26
FIGURA 5. Total dos valores do índice de circularidade dos fragmentos florestais da bacia hidrográfica do rio Poxim-SE, em toda a paisagem (T) e por classes (I, II, III, IV e V).....	27
FIGURA 6. Total dos valores média ponderada do índice de circularidadedos fragmentos florestais da bacia hidrográfica do rio Poxim(SE), em toda a paisagem (T) e por classes (I, II, III, IV e V).....	27
FIGURA 7. Total dos valores do índice para distância entre os fragmentos mais próximos na mesma classe na bacia hidrográfica do rio Poxim-(SE) em toda a paisagem (T) e por classes (I, II, III, IV e V).....	28
FIGURA 8. Área-núcleo dos fragmentos florestais da bacia hidrográfica do rio Poxim com efeito de borda de 35 metros.....	31
FIGURA 9. . Pontos amostrados ao longo de toda bacia hidrográfica do rio Poxim-SE, registrados nas proximidades dos fragmentos florestais, para verificação das informações em campo.....	34
FIGURA 10 (A e B). Plantio de cana-de-açúcar (A) e plantio de eucalipto (B) presentes no entorno dos fragmentos florestais da bacia hidrográfica do rio Poxim-SE (São Cristóvão-SE).....	35
FIGURA 11. Pecuária e pastagem no entorno dos fragmentos florestais da bacia hidrográfica do rio Poxim-SE.(Areia Branca-SE).....	36
FIGURA 12. Faixa de vegetação ciliar desmatada localizada próxima aos cursos d'água pertencentes à bacia hidrográfica do rio Poxim-SE (Areia Branca-SE).....	37

FIGURA 13. Área de mineração de areia localizada na bacia hidrográfica do rio Poxim-SE (Areia Branca-SE).....	37
FIGURA 14 (A e B). Descarte de lixo (A) e deposição de material de cultos religiosos (B) nas proximidades dos fragmentos florestais da bacia hidrográfica do rio Poxim-SE (São Cristóvão-SE).....	38

CAPÍTULO 2: Conectividade de fragmentos florestais como subsídio à restauração ecológica na bacia hidrográfica do rio Poxim-SE.

FIGURA 1. Bacia hidrográfica do rio Poxim- SE com os rios principais: Poxim, Poxim-Açu, Poxim- Mirim e Pitanga.....	50
FIGURA 2. Esquema de como são calculados os índices (IIC e PC) a partir do raio de 500 metros estabelecido.....	56
FIGURA 3. Índice de Conectividade Integral (IIC) dos fragmentos florestais da bacia hidrográfica do rio Poxim-Se.....	57
FIGURA 4. Índice de conectividade Integral (IIC) aplicado na área de estudo, classificando o grau de conectividade como alta, baixa e média para todos os fragmentos florestais.....	60
FIGURA 5. Uso do solo na bacia hidrográfica do rio Poxim-SE.....	62
FIGURA 6. Localização dos fragmentos florestais da bacia hidrográfica do rio Poxim-SE que apresentam pequena extensão em hectares e valores maiores para PC e IIC (%), quando comparados com áreas de maior extensão e valores menores para PC e IIC.....	63

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1: Análise estrutural dos fragmentos florestais da bacia hidrográfica do rio Poxim-SE como subsídio à restauração ecológica

TABELA 1. Porcentagem (%) de ocupação das manchas com a divisão por classes (I, II, III, IV, V), dividido em ordem crescente, com relação ao tamanho dos fragmentos florestais da bacia hidrográfica do rio Poxim-SE.....	22
TABELA 2. Porcentagem (%) de ocupação das manchas com a divisão por classes (I, II, III, IV, V), dividido em ordem crescente, com relação ao tamanho dos fragmentos florestais da bacia hidrográfica do rio Poxim-SE.....	25
TABELA 3. . Índice de Área Total (%) de área núcleo das manchas por classes a partir de 35 metros de área de borda, simulados para as condições dos fragmentos florestais da bacia hidrográfica do rio Poxim-SE.....	29
TABELA 4. Comparação entre o efeito de borda de 35 metros e os valores de área total (CA),e o número de fragmentos (Nump) e média do tamanho dos fragmentos (MPS) considerando toda a paisagem da bacia hidrográfica do rio Poxim-SE.....	30

CAPÍTULO 2: Conectividade de fragmentos florestais como subsídio à restauração ecológica na bacia hidrográfica do rio Poxim-SE.

TABELA 1. Fauna e flora de estudos realizados em Sergipe, associadas aos processos de frugivoria e/oudispersão das espécies, de acordo com levantamento bibliográfico.....	55
TABELA 2. Espécies da fauna de dispersores e/ou frugívoros de estudos realizados em Sergipe e respectivos raios de deslocamento de acordo com levantamento bibliográfico.....	56
TABELA 3. Fragmentos florestais da bacia hidrográfica do rio Poxim- SE que apresentam pequena extensão em hectares e maiores valores para PC e IIC (%) quando comparados com áreas mais extensas.	62

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

APP-	Área de Preservação Permanente
AWMSI-	Índice de forma médio ponderado
CA-	Total de área por classe
ED-	Densidade de borda na área
IIC-	Índice Integral de Conectividade
MNN-	Distância média do vizinho mais próximo
MPI-	Índice de proximidade média
MSI-	Índice de forma médio
NC-	Número de Componentes
NL-	Número de Ligações
NUMP-	Número de manchas
PC-	Probabilidade de Conectividade
PSC-	Planejamento Sistemático para Conservação
PSCov-	Coefficiente de variação das manchas
PSSD-	Desvio padrão do tamanho das manchas
RAD-	Restauração de Áreas Degradadas
SRH-	Superintendência de Recursos Hídricos
TCA-	Área central total
TCAI-	Porcentagem de área núcleo em relação à área total da paisagem
TE-	Total de borda na área
ZLAND-	Porcentagem de área ocupada pelas manchas

RESUMO

JESUS, Edilma Nunes. **Avaliação dos fragmentos florestais da bacia hidrográfica do rio Poxim (Sergipe- Brasil) para fins de restauração ecológica.** São Cristóvão: UFS, 2013. 94p. (Dissertação – Mestrado em Agroecossistemas).*

A fragmentação florestal se constitui em um dos grandes desafios para o planejamento da restauração de áreas degradadas, sendo necessário analisar as características de estrutura e conectividade dos remanescentes, para que seja possível selecionar técnicas adequadas às situações locais. Assim, este estudo foi realizado com o objetivo de avaliar as condições relacionadas à estrutura e conectividade dos fragmentos florestais da bacia hidrográfica do rio Poxim- SE, através de métricas de paisagem considerando-se as características encontradas e as possibilidades de implantação de técnicas de restauração de áreas degradadas. Para isso, foi feita uma análise da estrutura dos fragmentos por meio da aplicação de métricas do programa Patch Analyst 5.0, selecionadas para identificar a área, densidade e tamanho, borda, forma, isolamento e área central, com a simulação de uma área mínima de borda (35 metros). Além disso, aspectos relacionados à conectividade funcional da área foram investigados com a utilização de índices de conectividade do programa Conefor sensinode 2.2. As informações geradas pelos programas foram comparadas com o levantamento em campo de possíveis ações de uso do solo relacionadas à fragmentação da área. Os efeitos da fragmentação florestal são evidentes no padrão estrutural dos remanescentes da área de estudo. Além disso, com relação à conectividade, observaram-se valores muito baixos, que indicam a necessidade de intensificarem-se os trabalhos de restauração de áreas degradadas, como tentativa de melhoria na rede de conectividade. Em campo, foram verificadas várias atividades antrópicas que potencializam os efeitos da fragmentação no meio, corroborando com os dados gerados pelas métricas. Evidenciou-se a relevância de estudos de métricas de paisagem para áreas fragmentadas e como subsídio nas ações de restauração de áreas degradadas. Assim, devido às consequências prejudiciais que a fragmentação traz ao meio, sua redução deverá ser uma das metas das diretrizes nos planejamentos de conservação da biodiversidade local e restauração da paisagem.

Palavras-chave: fragmentação; ecologia de paisagem; recuperação de áreas degradadas.

* Comitê Orientador: Dr. Robério Anastácio Ferreira- UFS (Orientador).

ABSTRACT

JESUS, Edilma Nunes. Assessment of forest fragments of river basin Poxim (Sergipe, Brazil) for the purpose of ecological restoration São Cristóvão: UFS, 2012. 94p. (Dissertation – Master Program in Agroecosystem).*

The forest fragmentation is a larger challenges for planning the restoration of degraded areas, and is necessary to analyze the characteristics of structure and connectivity of the patches, for can to select appropriate techniques to local situations. This study was conducted to assess the conditions related to the structure and connectivity of forest fragments of river basin Poxim (SE) through landscape metrics considering the attributes and the possibilities of implementing restoration techniques degraded areas. For this, an analysis was made of the structure of the fragments by applying metrics program Patch Analyst 5.0 was selected to identify the area, density and size, edge, shape, and isolation core area, with minimal effect simulation of edge in the area (35 meters). Then, aspects of the functional connectivity in the area were investigated by using indexes connectivity program Conefor sensinode 2.2. The information generated by the programs were compared with the field research of possible actions related to land use fragmentation area. The effects of forest fragmentation are evident in the structural pattern of the patches in the study area. Besides, with respect to connectivity, observed very low values, which indicate the need to increase the work of restoration of degraded areas, to improve network connectivity. In the field research, there were numerous anthropogenics activities that extend the effects of fragmentation in the area, confirming with the data generated by the metrics. Was confirmed the relevance of studies of landscape metrics for fragmented areas and to the actions of subsidy restoration of degraded areas. Thus, due to the harmful consequences that fragmentation brings in the environment, reducing it should be one of the goals of the guidelines in the planning of local biodiversity conservation and landscape restoration.

Key-words: fragmentation, landscape ecology; restoration of the degraded areas.

* Guidance Committee: Dr. Robério Anastácio Ferreira– UFS (Orientador).

1.0 INTRODUÇÃO GERAL

A fragmentação florestal se constitui em uma das ameaças atuais à conservação da biodiversidade em todo o planeta. Seus efeitos são em larga escala, das alterações no hábitat de inúmeras espécies da fauna e flora. Além disso, as comunidades humanas do entorno dos fragmentos florestais também são afetadas principalmente, com relação às modificações nas condições de solo e água, essenciais, à sobrevivência destas.

A problemática que envolve os efeitos da fragmentação, assim como todo o seu contexto torna-se um desafio para o planejamento da Restauração de Áreas Degradadas (RAD), por se tratar de áreas de paisagens heterogêneas compostas por remanescentes isolados, em uma matriz de uso de solo alterada por meio de diversas ações antrópicas.

Nesse sentido, se intensificam as pesquisas sobre como aplicar ações de restauração em paisagens fragmentadas. No entanto, para que se selecionem quais as técnicas indicadas para as condições da área a ser restaurada, a análise estrutural e/ou funcional dos fragmentos florestais se faz necessária para responder alguns questionamentos como: Quais as condições dos fragmentos da área? Em que tipo de paisagem os fragmentos estão inseridos? Que o tipo de técnica de restauração poderá ser recomendada?

Para preencher esta lacuna os estudos da Ecologia de Paisagem trazem uma abordagem integrada, com o objetivo de incluir aspectos quantitativos dos fragmentos, processos ecológicos e a interferência humana, como fatores que influenciam na configuração da paisagem, identificando as diversas interações entre os mesmos. Esse conjunto de informações pode servir, principalmente, para o planejamento de RAD em áreas fragmentadas. Além disso, a abordagem por meio da Ecologia de Paisagem ao utilizar os indicadores das métricas de área, traz uma análise de fácil compreensão, cujos resultados contribuem na minimização de custos das práticas de RAD, ao selecionar áreas onde alternativas possam ser indicadas, juntamente com redução do esforço em campo e possibilidades de se trabalhar com grandes áreas, o que pode significar ampliação das áreas de restauração.

As métricas da paisagem atuam como ferramentas que quantificam aspectos da paisagem relacionados ao tamanho dos fragmentos, forma, condições de isolamento, conectividade, etc. e, sua grande aplicabilidade está em trazer respostas rápidas e claras.

Entretanto, embora o Brasil já apresente trabalhos utilizando as ferramentas da Ecologia de Paisagem, poucos vão além da caracterização da paisagem por meio das métricas e/ou demonstram como seria na prática relacionar essas informações obtidas pelo geoprocessamento em RAD, o que demonstra a necessidade de estudos nessa temática.

Diante desse fato, pesquisas sobre técnicas de restauração de áreas degradadas que contemplem os aspectos da Ecologia da Paisagem, poderão contribuir para melhores resultados nas práticas de restauração de áreas degradadas, por considerar a complexidade dos fatores que influenciam o trabalho de restauração, servindo como base para trabalhos futuros.

Assim, este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar as condições dos fragmentos florestais da bacia hidrográfica do rio Poxim, por meio de métricas de paisagem, considerando-se as características encontradas e as possibilidades de implantação de técnicas de restauração de áreas degradadas.

2.0 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Paisagem e Fragmentação

O termo “paisagem” é bastante antigo, influenciado por diversos ramos da ciência. Estudos apontam que a concepção de paisagem iniciou-se desde o século XIX, com as primeiras ideias físico-geográficas sobre fenômenos naturais e, foi se desenvolvendo ao longo de inúmeros estudos que incluíram aspectos estruturais, funcionais e humanos para que se alcançassem os conceitos que baseiam os estudos atuais (RODRIGUEZ *et al.*, 2007).

Diversas são as interpretações da paisagem, desde a visão de composição do que é externo de acordo com as próprias percepções; disposição de elementos naturais; interações antro-po-natural da junção entre sistemas territoriais (naturais) e antrópicos; sistema econômico-social que se restringe a área onde vive a sociedade humana e a paisagem cultural, resultado da ação da cultura ao longo do tempo (RODRIGUEZ *et al.*, 2007). Entretanto, de acordo com Metzger (2001), em todos os momentos a paisagem é vista pelo homem como algo que “está longe”, e essa noção de distanciamento é influenciada pelo filtro de formação científico-cultural do observador, o que dificulta a criação de um conceito “universal” para a paisagem.

Entretanto, a ideia de paisagem é aplicada para estudos ambientais como uma unidade espacial, caracterizada pela heterogeneidade de uso de solo que, por sua vez, é gerada pelas relações entre sociedade e natureza determinadas de acordo com processos sociais, políticos, econômicos e culturais. Neste sentido, a participação do homem como agente transformador da paisagem é inegável. Assim, as diversas alterações provocadas na paisagem podem resultar em padrões compostos por ambientes fragmentados ou ligados (ODUM & BARRET, 2007; GOERL *et al.*, 2011).

A formação de áreas fragmentadas é um evento natural, que ocorre pelas próprias características do meio durante a dinâmica sucessional. No entanto, este processo vem sendo intensificado pela ação antrópica trazendo vários prejuízos ambientais. Um ambiente torna-se fragmentado quando tem suas condições ambientais alteradas em relação ao seu entorno, ao ser dividido em manchas ou fragmentos menores (BRASIL, 2003).

Dentre as principais consequências da fragmentação tem-se o chamado “efeito de borda”, que seria o surgimento de ecótonos internos, ou seja, diversas áreas de transição entre

as faixas, tornando o fragmento mais exposto às condições de luminosidade, temperatura, ou outras modificações micro-climáticas. De acordo com estudos, não existe um valor padrão para o efeito de borda, geralmente esse processo atinge em média os primeiros 35 metros do fragmento chegando até 500 metros de largura da faixa no entorno. Entretanto, não é apenas a largura que determina o efeito de borda numa área, é necessário considerar também outros fatores como condições locais de microclima, composição de espécies arbóreas, densidade das espécies, etc. (PRIMACK & RODRIGUES, 2001; BOURLEGAT, 2003; FERRAZ, 2011).

Além das transformações na estrutura vegetal, o efeito de borda promove variações na composição da fauna, pois, as espécies começam a competir por área e alimento restritos dificultando a sobrevivência de vários animais; promove também o isolamento das populações, bem como dificulta a troca de genes entre indivíduos (animais/vegetais), o que culmina na redução das populações, aumentando as probabilidades de extinção (PRIMACK & RODRIGUES, 2001; BOULEGAT, 2003; TONHASCA, 2005).

O ambiente fragmentado se distingue do original por apresentar uma maior área de borda e, por ter a parte central próxima dessa área, tornando-se mais vulnerável às alterações externas. Embora as áreas fragmentadas tenham extensões reduzidas, continuam sendo alteradas principalmente por se situarem geralmente em uma matriz antropizada, o que pode trazer um quadro mais prejudicial do que a própria fragmentação (PRIMACK & RODRIGUES, 2001; COSTA & SCARIOT, 2003).

Para que seja possível aplicar estratégias que possam reduzir os efeitos prejudiciais da fragmentação, é preciso o manejo dessas áreas avaliando-se a finalidade produtiva juntamente com a de conservação, por meio do planejamento da restauração dos fragmentos degradados. Dessa forma, deve-se realizar a análise dos fragmentos numa escala de paisagem, identificando a dinâmica das várias interações presentes nas áreas fragmentadas (COSTA & SCARIOT, 2003).

Os estudos da estrutura da paisagem possibilitam identificar o padrão espacial dos fragmentos e as principais alterações que ocorrem no meio, auxiliando na avaliação quantitativa e qualitativa das áreas (LANG, 2009). Segundo Mairota *et al.* (2012), a análise da configuração da paisagem é necessária para que sejam visualizadas e quantificadas mudanças na extensão e forma dos habitats, provocadas pela ação humana, o que servirá para monitoramento e intervenções nos trabalhos de gestores ambientais.

Nesse sentido, esse tipo de estudo é feito através da Ecologia de Paisagem, que por sua vez, prioriza não apenas as análises quantitativas da paisagem e os processos ecológicos para

avaliar as condições do meio. Seus estudos vão além de uma análise meramente descritiva, ao relacionar fatores bióticos e abióticos com a influência humana. Justamente pelo fato da fragmentação florestal não poder ser compreendida apenas com uma abordagem simplificada, faz-se necessário o emprego de métodos de abordagem mais holística, o que se traduz nas pesquisas da Ecologia de Paisagem (METZGER, 2001; BOURLEGAT, 2003; CABRAL *et al.*, 2007).

2.2 Ecologia de Paisagem e Aplicações

A Ecologia de Paisagem pode ser definida como a área da ciência que congrega os conceitos geográficos de paisagem e interferência humana aos processos ecológicos e os relaciona com a conservação da biodiversidade. A principal contribuição desse ramo da ciência está em realizar uma análise da complexidade das inter-relações entre os aspectos naturais e as modificações provocadas pelas ações humanas (METZGER, 2001; PIVELLO & METZGER 2007).

A junção da abordagem geográfica/ecológica da Ecologia de Paisagem tem sua origem nos vários pensadores de áreas diversificadas que foram pioneiros nos estudos desse ramo da ciência destacando-se geógrafos, biogeógrafos e ecólogos. Estes por sua vez, afirmavam a existência da visão geográfica dessa ciência ao relatar o planejamento para a ocupação territorial e uso econômico da paisagem; a visão ecológica ficava a cargo da relação entre as transformações da paisagem e seus efeitos sobre os processos ecológicos (METZGER, 2001).

Atualmente, a Ecologia de Paisagem tem se configurado como base científica diante de questões relacionadas à fragmentação das áreas, seleção de áreas para conservação, manejo de recursos naturais, manutenção da diversidade biológica, licenciamento ambiental e restauração de áreas degradadas (RAD) (PAESE & SANTOS, 2004; KOBLITZ *et al.*, 2011; UEZU & CULLEN JUNIOR, 2012).

A Ecologia de Paisagem tem como principal ferramenta, o Sensoriamento Remoto e os Sistemas de Informações Geográficas (SIG), utilizados na avaliação dos recursos naturais, bem como no monitoramento das alterações do meio. Nesses estudos, a cobertura vegetal atua como um dos indicadores do estado ambiental, podendo nortear o planejamento da restauração dos fragmentos degradados (PIVELLO & METZGER 2007; TRAFICANTE, 2007).

O SIG como ferramenta da Ecologia de paisagem, fornece informações como subsídio para o mapeamento das condições atuais da paisagem, representação de cenários futuros e para decisões de planejamento do uso do espaço. Especificamente para a restauração de áreas degradadas, o SIG contribui para definir critérios de seleção de áreas para a restauração, através da análise do uso e ocupação do solo atual, histórico de degradação, por meio de imagens para o mapeamento e programas específicos de métricas de paisagens (LANG, 2009; RIBEIRO *et al.*, 2012).

Nos trabalhos de RAD especificamente, a Ecologia de Paisagem tem sua contribuição na identificação das condições da paisagem, e indicação nas técnicas de restauração que possibilitem a otimização de recursos. Nesse sentido, esse tipo de estudo tem grande relevância, principalmente para áreas extensas e fragmentadas (UEZU & CULLEN JUNIOR, 2012).

A aplicação dos estudos de Ecologia de Paisagem em áreas fragmentadas é recomendada em virtude dessas áreas incluírem aspectos socioeconômicos e ambientais, compondo sistemas complexos sendo necessária uma visão sistêmica e, analisando-se as relações entre o modelo de uso e ocupação do solo e a estrutura e dinâmica das áreas de vegetação remanescentes, o que pode contribuir na restauração e sustentabilidade desses ambientes (BOURLEGAT, 2003).

Para realizar a análise quantitativa da paisagem, a Ecologia de Paisagem faz uso de parâmetros específicos, que são denominados índices ou métricas de paisagem. Esses parâmetros podem ser divididos em duas classes: os índices de composição e de disposição (METZGER, 2006).

Os índices de composição são os que se relacionam com as unidades da paisagem, podendo indicar: a riqueza, e a área ocupada pelas manchas na paisagem, o que traduz a dominância espacial dos fragmentos. Os índices de disposição, entretanto, refletem a conformação espacial das unidades de mancha com relação a: grau de fragmentação, conectividade e forma dos fragmentos. Esses índices podem ser aplicados em nível de uma unidade de mancha, até a paisagem como um todo (METZGER, 2006).

Segundo Metzger (2006), a aplicação desses índices torna-se mais viável, se associada com parâmetros biológicos, para que o trabalho não se torne apenas descritivo, mas que possa trazer respostas que facilitem a análise e gestão dos recursos na paisagem.

Com a aplicação dos índices de paisagem são avaliadas as condições dos fragmentos, para que seja realizada a seleção dos que forem considerados “prioritários”. Essa é a etapa inicial para que os trabalhos de RAD possam ser planejados, priorizando-se técnicas que favoreçam as condições do meio e contribuam com o resgate da conectividade dessas áreas (METZGER, 2008).

2.3 Índices ou Métricas de Paisagem

A utilização do SIG e Sensoriamento Remoto no planejamento ambiental é uma metodologia eficaz, e por isso tem sido utilizada não apenas na área ambiental, mas em diversas atividades distribuídas em várias partes do mundo. É dessa forma uma tecnologia em expansão que possibilita capturar, armazenar, visualizar e processar uma gama de informações de dados espaciais (GONÇALVES *et al.*, 2011; LADWIG, 2012).

Estudos apontam as vantagens da aplicação dos índices ou métricas de paisagem nas abordagens para a conservação da biodiversidade que avaliam a conformação da paisagem e sua relação com a riqueza e diversidade de espécies (SCHINDLER *et al.*, 2012). De acordo com Lang (2009), a utilização dos índices quantitativos da paisagem poderá ser estabelecida em três níveis distintos: a) nível de mancha para caracterização de manchas individuais; b) nível de classe para conjunto de manchas de tamanhos semelhantes; C) nível de paisagem para análises que incluirão todas as manchas.

Existe ainda o método de janela móvel ou hexágono, que é aplicado em nível de paisagem, caso seja necessário estabelecer parcelas de tamanho definido. A partir da definição do nível de análise, as métricas deverão ser selecionadas de acordo com os objetivos do estudo.

Volotão (1998), Metzger (2006) e Lang (2009), classificam as métricas de paisagem em grupos onde se destacam os: índices de área, índices de borda, índices de forma, índices de área núcleo e índices de isolamento que estão descritos abaixo:

1. Métricas de área: apresentam a extensão de área presente na área/classe/paisagem. São muito úteis para relacionar com estudos ecológicos sobre riqueza e abundância de espécies e a fragmentação. Exemplos: CA (total de área por classe); ZLAND (porcentagem de área ocupada pelas manchas).

2. Métricas de borda: possibilitam a verificação de formação de áreas de borda (ecótonos), o que pode ser considerado um importante aspecto sobre alterações nos fragmentos. Exemplos: TE (total de bordas na área); ED (densidade de bordas na área).

3. Métricas de forma: relacionam-se também com a presença de efeito de borda, pois, verifica a tendência dos fragmentos em apresentar formas regulares (semelhante a um círculo) ou formas mais complexas, onde nesse caso, aumentam as chances dos fragmentos apresentarem maior área de borda. Exemplo: MSI (índice de forma médio); AWMSI (índice de forma médio ponderado de acordo com o tamanho das manchas).

4. Métricas de área núcleo (core): referem-se à área central do fragmento separada da borda por uma distância estabelecida. Pode ser relacionada com as condições da área na manutenção de espécies mais sensíveis, vulneráveis às transformações da área de borda. Exemplos: TCA (área central total); TCAI (porcentagem da área núcleo em relação à área total da paisagem).

5. Métricas de isolamento: baseiam-se na distancia de fragmentos mais próximos (vizinhos), nos níveis de mancha, classe e paisagem. Como a distância entre os fragmentos influencia as probabilidades de deslocamento e dispersão, esse tipo de métrica é associado ao grau de isolamento da área. Exemplos: MNN (distância média do vizinho mais próximo); MPI (índice de proximidade média).

Embora esteja disponível um grande número de métricas e softwares para sua aplicação, o uso desse tipo de metodologia só será válido se for aliado a questionamentos específicos, desde o levantamento de hipóteses até o delineamento experimental do estudo. Dessa forma, o ideal é que os índices aplicados relacionem-se aos processos ecológicos, sem que seja apenas uma descrição quantitativa da paisagem (METZGER, 2006).

Para a seleção de índices descritores da paisagem existem disponíveis vários softwares e extensões gratuitas, são os denominados “SIGs de código aberto” bastante utilizados na área de Ecologia de Paisagem (STEINIGER & HAY, 2009). Dentre as extensões gratuitas mais utilizadas tem-se:

- Fragstat: é uma das extensões pioneiras para o estudo de paisagens, desenvolvido em 1995 por McGaril e Marks, que continua sendo a base de diversos outros

programas criados a partir dele. Apresenta mais de 50 métricas, o que torna complexa a interpretação dos resultados e seleção de métricas. Foi elaborado no ambiente DOS e sua utilização requer dados em formato raster, geralmente de cobertura de solo, que estejam classificados (VOLOTÃO, 1998)

- Patch Analyst: também conhecido como “analisador de manchas”, extensão gratuita criada por Rempel (1999) para a versão ArcView 3. Pode ser considerado uma versão simplificada do Fragstat, pois, suas métricas foram desenvolvidas no mesmo padrão, podendo ser realizadas análises de área, borda, isolamento etc . Pode ser utilizado com dados em formato vetorial e raster (células de pixels).

- V-LATE: é uma extensão gratuita, considerado como ampliação do programa ArcGis 8 e 9, criado por Lang e Tiede em 2003. Disponibiliza um conjunto de índices de estrutura de paisagem, para dados poligonais em formato vetorial (pontos, linhas e polígonos). Com este programa é possível realizar análises de área, forma, densidade de bordas, área núcleo, proximidade, conectividade, diversidade e retalhamento (LANG, 2009).

- Conefor sensinode: elaborado por Saúra e Pascual-Hortal (2007), é específico para análises sobre conectividade, baseia-se na teoria de grafos, onde o grafo é um conjunto de nós e ligações que se conectam. Este mesmo princípio representam a paisagem e seus fragmentos (nós) e, é possível estabelecer uma distância de deslocamento para relacionar a capacidade de dispersão de organismos e a distância entre os fragmentos. Por meio de cálculos, este programa verifica se a área está conectada de forma funcional, pois, considera as características de deslocamento das espécies relacionadas, podendo indicar área com déficit de conectividade (isoladas) e fragmentos-chave para a manutenção da conectividade da paisagem. Utiliza dados em formato vetorial, é utilizado também como extensão do ArcGis e seus índices referem-se à conectividade integral (IIC), probabilidade de conectividade (PC), número de ligações (NL), número de componentes (NC) etc.

2.4 Seleção de Áreas Prioritárias para Conservação de Biodiversidade e Restauração Ambiental

A partir de estudos da Ecologia de Paisagem, direcionaram-se maiores esforços para identificar áreas de hábitat natural que apresentem relevância para a conservação da conectividade ecológica, como estratégia na manutenção dos processos ecológicos. Assim, as ferramentas de Planejamento Sistemático para a Conservação (PSC) contribuíram no preenchimento de lacunas nas tomadas de decisão na gestão de paisagens (GONZÁLEZ-MAYA *et al.*, 2010).

A partir das avaliações da paisagem é possível indicar fragmentos específicos da paisagem que se relacionem com o aumento da conectividade, o que pode gerar melhorias nos trabalhos de RAD e direcionamento de recursos para áreas essenciais nas conexões entre os fragmentos e, conseqüentemente entre organismos (VOGT *et al.*, 2009).

A utilização de métodos na seleção de áreas para conservação ainda é recente, onde geralmente aplicavam-se modelos matemáticos lineares, com forte enfoque na distribuição das espécies. Entretanto, novas abordagens se destacam, com a priorização de ambientes ripários e a valorização da conectividade entre os remanescentes para planejar corredores naturais (COUTO *et al.*, 2010).

Para esta abordagem, inicialmente sugere-se o restabelecimento das áreas previstas por lei, principalmente Áreas de Preservação Permanente APP próximas a cursos d'água, por serem áreas associadas à riqueza de fauna e flora, além de contribuírem com várias funções ambientais. Outro fator que justifica a seleção das matas ciliares, é que este tipo de ecossistema geralmente acompanha os cursos d'água, e assim ultrapassam os limites entre as propriedades rurais e os municípios, possibilitando a conexão entre fragmentos que estejam isolados, mesmo em grandes áreas (MARTINS, 2007; RODRIGUES *et al.*, 2007; METZGER, 2008).

Na seleção de matas ciliares fragmentadas para os trabalhos de RAD, utiliza-se como unidade de paisagem a bacia hidrográfica. Esta unidade é utilizada pelo fato de exercerem uma grande interação com a topografia, cobertura vegetal, solos, água etc., abrangendo um grande número de aspectos da paisagem (MARTINS, 2007).

A bacia hidrográfica pode ser definida como unidade básica para o planejamento e gestão dos recursos naturais, que caracteristicamente apresenta aspectos ecológicos,

geomorfológicos e sociais interligados, que por sua vez determinam as condições de quantidade e qualidade dos cursos d'água. Dessa forma, qualquer atividade (agricultura, extração de minérios, criação de animais etc.) realizada em áreas de bacias hidrográficas, sem considerar-se as práticas de conservação do solo e da vegetação presente, poderá prejudicar consequentemente os recursos hídricos que estejam inseridos nestas (ATTANASIO *et al.*, 2006; MARTINS, 2007).

Para Ferraz *et al.* (2009), a seleção de áreas para a restauração a partir de indicadores ambientais no contexto de bacias hidrográficas, trazem uma visão abrangente por incluir fatores como legislação ambiental, problemas ambientais e formação de corredores de biodiversidade, o que pode viabilizar a atuação dos gestores de bacias.

Entretanto, o sucesso dos trabalhos em RAD dependerá em parte da seleção de áreas que possam gerar além de proteção à biodiversidade, benefícios sociais e econômicos com a redução de custos neste tipo de atividade, para que sua aplicação seja mais viabilizada. Esse quadro se relaciona, principalmente, em situações onde se dispõe de poucos recursos (pequenas propriedades rurais). Dessa forma, selecionar áreas para conservação ou restauração vai além de um mero atendimento a condicionantes legais (DURINGAN *et al.*, 2009; RIBEIRO *et al.*, 2012).

3. CAPÍTULO 1

Análise estrutural dos fragmentos florestais da bacia hidrográfica do rio Poxim-SE como subsídio à restauração ecológica

RESUMO

As florestas tropicais são afetadas pelas diversas formas de degradação, destacando-se, a fragmentação dos ecossistemas, que converte extensas áreas de florestas a pequenos remanescentes cada vez mais reduzidos e isolados. A Mata Atlântica é uma das florestas brasileiras, mais ameaçadas por este processo, o que compromete sua biodiversidade e remete à intensificação de medidas mitigadoras como a restauração de áreas fragmentadas. No entanto, para que seja possível planejar a restauração de extensas áreas fragmentadas, a caracterização dos efeitos da fragmentação é um ponto de partida essencial. Assim, este trabalho foi realizado com o objetivo de caracterizar os principais aspectos da fragmentação florestal na bacia hidrográfica do rio Poxim- SE, verificando seus possíveis efeitos, através de análises quantitativas da estrutura da paisagem. Para isso, foram utilizados indicadores de paisagem (métricas) com relação a padrões estruturais e ecológicos, selecionados a partir das opções do programa Patch Analyst 5.0, sendo utilizadas métricas de área (CA e ZLAND); densidade e tamanho (Nump, MPS, PSCov e PSSD); borda (TE); forma (MSI e AWMSI); isolamento (MNN) e área central (TCA e TCAI). Além da aplicação de métricas, foi simulado um efeito de borda de 35 metros para toda área, verificando as principais alterações que seriam provocadas. Coletou-se pontos georreferenciados na área, para relacionar os dados apontados pelas métricas com as informações em campo. A análise das métricas apontou que dentre o total de 140 fragmentos da área, cerca de 85% são pequenos, embora o tamanho médio encontrado tenha sido de 67,23 ha. Percebeu-se ainda que os fragmentos da área apresentam formas irregulares independentemente do tamanho do remanescente. O alto grau de isolamento foi indicado pela distância média entre os fragmentos que atingiu 657,3m para remanescentes pertencentes à mesma classe. Os maiores valores de área central (núcleo) foram encontrados para as manchas mais extensas. O total de área de borda encontrado foi de 1.036,24 m² para toda a paisagem. Na simulação para um efeito de borda de 35 m, os menores fragmentos seriam as áreas mais afetadas e, a área total seria reduzida em 32% com a exclusão de 28 fragmentos que estariam totalmente sob o efeito de borda. As informações em campo confirmaram vários aspectos apontados pelos indicadores, com a existência de várias ações antrópicas no entorno dos fragmentos da bacia hidrográfica que contribuem para a intensificação da fragmentação na área. De forma geral, foi possível observar que os efeitos da fragmentação são evidentes na bacia hidrográfica do rio Poxim e, devido às consequências prejudiciais que essa forma de degradação traz ao meio, sua redução deverá ser uma das metas das diretrizes nos planejamentos de conservação da biodiversidade.

Palavras-chave: ecologia de paisagem; métricas da paisagem; fragmentação.

ABSTRACT

Tropical forests are affected by different forms of degradation, with a particular emphasis on the fragmentation of ecosystems, converting large areas of forest to small patches isolated and reduced. The Atlantic Forest is the Brazilian forest, target of this process, which compromises its biodiversity and leads to the intensification of mitigating measures such as restoring of the fragmented areas. However, the characterization of the effects of fragmentation is an essential starting point to possible the planning the restoration of extensive fragmented areas. Thus, the work was conducted in order to characterize the main aspects of forest fragmentation on the river basin Poxim-SE, checking their possible effects through quantitative analysis of landscape structure. For this reason, indicators were used to landscape (metric) with respect to the structural patterns and ecological, selected from the options of the program Patch Analyst 5.0, being used metrics for area (AC and ZLAND); density and size (NUMP, MPS, PSCov and PSSD); edge (TE); shape (MSI and AWMSI); isolation (MNN) and core area (TCA and TCAI). In addition to the application of metrics, was simulated an edge effect of 35 meters for the entire area, noting the main amendments that would be caused. Georeferenced points were collected in the area, to relate the data cited by metrics with the information in the field. The analysis of metrics indicated that among the total of 140 fragments of the area, 85% are small, although the average size found has been of 67.23 ha. It was noticed that the fragments of the area have irregular shapes regardless of the size of the patches. The high degree of insulation was indicated by average distance between the fragments which reached 657.3 m to patches belonging to the same class. The highest values of central area (core) were found for the spots more extensive. The total area of edge found was 1,036.24 m² for the whole landscape. In the simulation for a edge effect of 35 m, the smaller fragments would be the most affected areas, and the total area would be reduced by 32% with the exclusion of 28 fragments that would be fully under the edge effect. The information in the field research have confirmed several aspects by the indicators, with the existence of various anthropogenic actions in the vicinity of the fragments of the catchment area that contribute to the intensification of the fragmentation in the area. In general, it was possible to observe that the effects of fragmentation are evident in the river basin of the river Poxim and, due to the harmful consequences that this form of degradation brings to the medium, its reduction should be one of the goals of the guidelines in planning for the conservation of biodiversity.

Keywords: landscape ecology, landscape metrics; fragmentation

1.0 Introdução

A fragmentação das florestas tropicais é uma forma de degradação que tem contribuído significativamente para o aumento dos remanescentes isolados e de biodiversidade reduzida em todo planeta. Dentre os ecossistemas que apresentam avançado estado de fragmentação, tem-se a Mata Atlântica que em 7 a 8% de cobertura vegetal, congrega áreas fragmentadas e isoladas (BOURLEGAT, 2003; BRASIL, 2003; FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, 2011).

Em Sergipe, restam cerca de 8% da faixa de Mata Atlântica original representando apenas um terço do estado, que de acordo com estudos, são áreas que permanecem sob constante pressão antrópica. Numa escala mais pontual, a bacia hidrográfica do rio Poxim-SE, possui a vegetação extremamente fragmentada, com o uso do solo diversificado pelas pastagens, monoculturas, extração de madeira e de areia, desmatamento, deposição de lixo doméstico etc., o que se relaciona com a intensificação da fragmentação nessa área (SANTOS, 2009; COSTA, 2011 e FERREIRA *et al.*, 2011).

Os efeitos prejudiciais da fragmentação florestal envolvem transformações nos processos ecológicos de polinização, dispersão, deslocamento das espécies, ciclagem de nutrientes etc., trazendo como consequência aumento na vulnerabilidade dos habitats às alterações climáticas e extinção das espécies. Nesse sentido, são necessários trabalhos de restauração de áreas degradadas como alternativa para mitigação das alterações provocadas pela fragmentação (PEREIRA *et al.*, 2007; LAURANCE & VASCONCELOS, 2009; MUCHAILH *et al.*, 2010).

No entanto, para que seja possível planejar estratégias de restauração em áreas fragmentadas, a compreensão dos efeitos da fragmentação é fundamental. Dessa forma, a análise da paisagem considerando os aspectos relacionados à estrutura, diversidade e composição da paisagem, favorece a obtenção de informações válidas para nortear a escolha de alternativas de manejo e conservação (GAVIRIA & MONTEALEGRE, 2010).

A área da ciência que tem relativa contribuição para este tipo de pesquisa é a Ecologia de Paisagem, que através de indicadores também conhecidos como métricas da paisagem possibilita que seja analisada a configuração da paisagem, diagnosticando as condições dos fragmentos e possíveis medidas a serem tomadas.

Os indicadores ou métricas da estrutura da paisagem podem ser aplicados em várias situações, como para avaliar a dinâmica de uso de solo, monitoramento de mudanças na paisagem, padrão de desmatamento, simular transformações futuras, incluindo investigações das condições das áreas com relação ao grau de fragmentação ou de conectividade (GOERL *et al.*, 2011; PÔÇAS *et al.*, 2011; YUAN & PAUDEL, 2012).

Como a fragmentação pode interferir de forma negativa nos processos ecológicos das florestas, as análises quantitativas trazem a vantagem de possibilitar a interpretação dos efeitos desse processo e as ameaças à perda de hábitat oriundas do mesmo. Nesse sentido, esse tipo de análise pode ser extremamente válida nos estudos de áreas fragmentadas e suas implicações para a biodiversidade (LELE *et al.*, 2008).

Nesse contexto, pesquisas que apontem as condições da fragmentação nas áreas de Mata Atlântica da bacia hidrográfica do rio Poxim- SE, poderão contribuir para identificar os efeitos da fragmentação nessa área, bem como, na seleção de estratégias conservacionistas que possam reverter esses efeitos. Assim, este estudo foi realizado com o objetivo de caracterizar os principais aspectos da fragmentação florestal na bacia hidrográfica do rio Poxim- SE, verificando seus possíveis efeitos, através de análises quantitativas da estrutura da paisagem.

2.0 Materiais e métodos

2.1 Área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Poxim é formada pelos rios: Poxim-Mirim, Poxim-Açu e Pitanga. Possui uma extensão de 397,95 km² e está localizada sob as coordenadas 10°55'00" e 10°45'00" de latitude Sul, e 37°05' e 37°22' de longitude Oeste (Figura 1).). Abrange 6 municípios que variam em relação a área de abrangência na bacia: Aracaju (15,60%), Areia Branca (2,73%), Itaporanga D'Ajuda (7,44%), Laranjeiras (1,59%), Nossa Senhora do Socorro (13,48%) e São Cristóvão (59,16%). Predomina na região o bioma Mata Atlântica, diversificando-se em vegetação de restinga, manguezais e fragmentos de floresta tropical úmida (BRASIL, 2001; AGUIAR NETO, 2006).

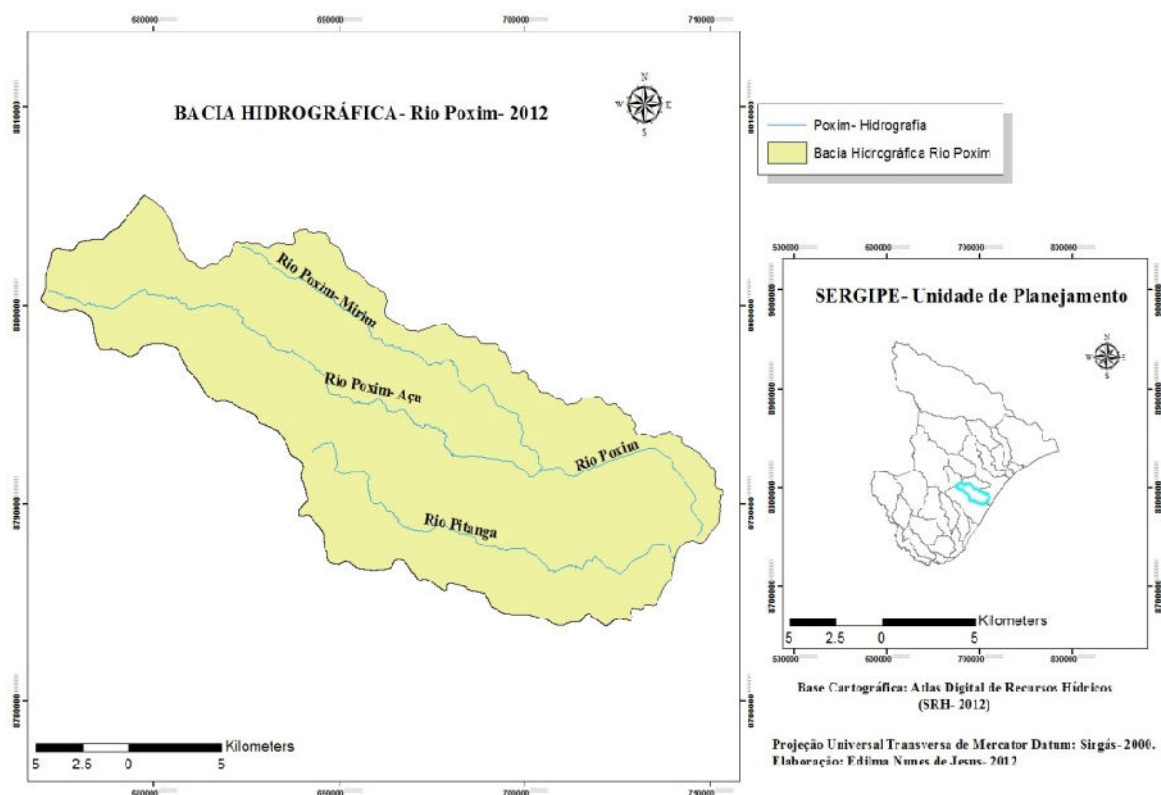


Figura 1. Bacia hidrográfica do rio Poxim- SE com os rios principais: Poxim, Poxim-Açu, Poxim-Mirim e Pitanga.

O clima da região é do tipo tropical úmido, apresentando elevada seca no verão segundo a classificação climática de Köppen. As temperaturas que predominam atingem as médias de 23°C nos meses mais frios e 31°C nos meses mais quentes. O índice pluviométrico atinge seus maiores valores na faixa litorânea 1.900 mm, na parte média 1.800 mm e 1.600 mm na parte superior com a concentração de meses chuvosos no período de janeiro a março (SILVA, 2001; SOARES, 2001).

A bacia hidrográfica apresenta formato alongado de oeste a leste, correspondendo a drenagem de 381,5 km², limitando-se ao sul pela bacia hidrográfica do rio Vaza-Barris, e ao norte pelo rio Sergipe. A geologia da área pertence ao grupo Barreiras, cujo relevo é formado por colinas com cristas e topos arredondados, com interflúvios tabulares e estruturas homogêneas, devido à presença de rochas sedimentares. Predominam na bacia do Poxim os solos do tipo vertissolos, além de latossolos, argissolos, espodossolos, plintossolos, gleissolos e nos ambientes estuarinos os solos indiscriminados de mangue (AGUIAR NETTO, 2006; SERGIPE, 2004).

2.2 Análise estrutural da paisagem

A análise da estrutura dos fragmentos florestais da bacia hidrográfica do rio Poxim foi realizada com os dados no formato vetorial disponíveis no Atlas digital (SERGIPE, 2012). Foram selecionados os dados vetoriais originados de fotografias aéreas do ano de 2004, correspondentes às classificações de acordo com o uso e cobertura do solo relacionados as tipologias florestais de: floresta estacional, floresta ombrófila densa e matas ciliares que compõem a Mata Atlântica da área de estudo. Para este trabalho, foram consideradas vegetações ciliares as formações presentes em todos os tipos de vegetação presente à beira de rios, córregos e nascentes. Ecologicamente, representam a vegetação às margens de cursos d'água, independente de área, região de ocorrência ou mesmo composição florística (AB'SABER, 2001).

Os dados foram geoprocessados com o programa ArcGis 9.3 (licença: 9.3.1: KEY 426498032_V93.ESU9) numa escala de visualização de 1:100.000 juntamente com a extensão do programa Patch Analyst 5.0. O programa Patch Analyst é gratuito e avalia o padrão espacial da paisagem, sendo utilizado na modelagem da estrutura de hábitat, manejo florestal e práticas de conservação da biodiversidade (CENTRE FOR NORTHERN FOREST ECOSYSTEM RESEARCH, 2012). Nessa pesquisa utilizaram-se as versões Patch Analyst (para dados vetoriais) e Patch Grid (para dados em raster).

A confirmação das informações descritas nos mapas gerados foi feita com o trabalho de campo para reambulação dos dados. De acordo com Bolfe *et al.* (2008), a reambulação de dados com levantamentos em campo é essencial em trabalhos de sensoriamento remoto, pois, contribui para a confirmação de dados gerados a partir da interpretação de imagens ou fotografias aéreas. Nesta etapa, estabeleceu-se o levantamento de pontos aleatórios determinados com o uso do GPS (modelo Garmim) com registro fotográfico, distribuídos ao longo da bacia hidrográfica, estabelecidos a partir das condições de acesso totalizando 50 pontos. Além disso, com base nesse levantamento foi realizada uma análise da relação dos impactos encontrados com a fragmentação da área. Todo o procedimento está esquematizado na figura abaixo (Figura 2).



Figura 2. Organograma esquematizando a metodologia aplicada com a sequência dos procedimentos realizados em toda a análise dos fragmentos.

2.3 Seleção de métricas para análise da paisagem

As métricas foram selecionadas com base em aspectos estruturais e ecológicos da paisagem. Utilizaram-se índices comparando-se as métricas com relação ao agrupamento dos fragmentos em classes de tamanho e também com relação a toda área de estudo (paisagem). A distribuição por classes foi realizada considerando tamanho dos fragmentos e sua contribuição para a manutenção dos processos ecológicos, adaptando-se as metodologias de Saunders *et al.* (1991) e Nora & Santos (2011), ressaltando-se que o tamanho real das áreas foi mantido para melhor verificação das informações em campo. Para identificar as características dos fragmentos florestais da área foram aplicadas as seguintes métricas:

- a) **Área dos fragmentos:** área total da paisagem (CA); porcentagem de ocupação por classe (ZLAND);
- b) **Densidade e tamanho:** número de manchas na paisagem (Nump); tamanho médio das manchas (MPS); desvio padrão do tamanho das manchas (PSSD); coeficiente de variação do tamanho das manchas (PSCov);
- c) **Borda:** total de bordas na classe (TE);
- d) **Forma:** índice de forma média (MSI); índice de forma média ponderada pela área (AWMSI);
- e) **Isolamento:** distância do vizinho mais próximo (MNN);
- f) **Área central (núcleo):** total de área núcleo na paisagem (TCA); média da área núcleo na paisagem (TCAI).

Para calcular as métricas MNN e ZLAND foi feita a conversão do arquivo do formato vetorial para o formato raster, que é compatível com a ferramenta específica: “Patch Grid”, pois, essas métricas só podem ser calculadas no formato raster. Além disso, a partir das métricas selecionadas, realizou-se uma simulação de uma área de borda com 35 metros, que de acordo com estudos é o valor mínimo para que comecem a ocorrer efeitos de borda nos fragmentos florestais (RODRIGUES, 1998; PRIMACK & RODRIGUES, 2001; BOULEGAT, 2003). Nessa análise foram incluídas as métricas: TCA e TCAI. Além de considerar os índices TCA e TCAI, foi feita uma comparação entre a área de borda sobre outras métricas: CA, TLA, NUMP e MPS adaptado de Gomide e Lingnau (2009). No quadro 1, estão descritos os tipos de métricas utilizadas, bem como as respectivas unidades de medida e questionamentos ecológicos possíveis (aspectos a serem analisados).

Quadro 1. Características das métricas de paisagem aplicadas no estudo da bacia hidrográfica do rio Poxim-SE: sigla, unidade de medida, aspecto, resultados e possíveis interpretações. Adaptada de Metzger (2006) e Lang (2009).

Grupo	Métrica	Unidade de medida	Aspecto da métrica	Resultados/ Possíveis Interpretações
Área	CA	Hectare (ha)	Área das manchas por classe.	Soma da área de todos os fragmentos pertencentes a uma classe.
	ZLAND	Porcentagem %	Porcentagem de ocupação por classe	Ocupação das manchas por classe, indicação de fragmentos de maior ocupação na paisagem/classe.
Densidade e tamanho	NUMP	Adimensional	Número de manchas na paisagem/classe	Valores altos de número de manchas indicam retalhamento (fragmentação).
	MPS	Hectare (ha)	Tamanho médio da mancha	Soma do tamanho das manchas dividido pela extensão da área. Valores médios das manchas na paisagem permitem uma análise global da distribuição dos fragmentos na área.
	PSSD	Hectare (ha)	Desvio padrão do tamanho da mancha	Raiz quadrada da variância da amostra. Indica a variabilidade do tamanho das manchas com relação à média.
	PSCov	Porcentagem %	Coefficiente de variação do tamanho das manchas.	Baseia-se no coeficiente entre o desvio padrão e a média aritmética. Também indica a variabilidade do tamanho médio dos fragmentos.

Continuação do **Quadro 1.** Características das métricas de paisagem aplicadas no estudo da bacia hidrográfica do rio Poxim-SE: sigla, unidade de medida, aspecto, resultados e possíveis interpretações. Adaptada de Metzger (2006) e Lang (2009).

Grupo	Métrica	Unidade de medida	Aspecto da métrica	Resultados/ Possíveis Interpretações
Borda	TE	Metros	Total de todas as bordas (perímetro) na classe	Pode se relacionar com o grau de fragmentação; áreas muito fragmentadas maior área de borda.
Forma	MSI	Adimensional	Igual a 1 quando todas manchas são circulares e aumenta com a irregularidade da forma.	Formas irregulares são mais recortadas, portanto, mais susceptíveis ao efeito de borda.
	AWMSI	Adimensional	Semelhante ao anterior, no entanto atribui pesos de acordo com o tamanho dos fragmentos.	Baseado no MSI, porém a medida é ponderada pela área da mancha. Assim, manchas maiores terão maiores pesos que as menores.
Isolamento	MNN	Metros	Distância do vizinho mais próximo	Tem implícito nos resultados, o grau de isolamento dos fragmentos.
Área central	TCA	Hectare (ha)	O tamanho total das manchas centrais (área núcleo)	Tamanho de hábitat efetivo para as espécies mais sensíveis, de acordo com margem de borda estabelecida.
	TCAI	Porcentagem %	Média da quantidade da área núcleo na paisagem/classe	Percentual de área núcleo de acordo com margem de borda determinada.

3.0 Resultados e discussão

3.1 Análise estrutural da paisagem

De forma geral, foi quantificada uma área de 9.412 hectares (CA), referente à ocupação de todos os fragmentos florestais, o que representa aproximadamente 23,65% de toda área da bacia hidrográfica do rio Poxim. O número total de fragmentos (NUMP) correspondente na área é de 140 fragmentos, com cerca de 85% dos fragmentos pertencentes à classe 1, indicando a predominância de pequenos fragmentos (Figura 3). A porcentagem de ocupação das manchas por classes (ZLAND) indicou que o maior fragmento da área cuja extensão é de 2.574 hectares, representa 36,32% de toda vegetação nativa na paisagem (Tabela 1).

Tabela 1. Porcentagem (%) de ocupação das manchas com a divisão por classes (I, II, III, IV, V), dividido em ordem crescente, com relação ao tamanho dos fragmentos florestais da bacia hidrográfica do rio Poxim-SE.

Métrica	Classes (ha)	Número de fragmentos	Total %
ZLAND	I (0.00 - 42.31)	120	19.43
	II (42.31 - 126.75)	10	8.05
	III(126.75 - 379.84)	4	18.06
	IV (379.84 - 955.20)	5	18.14
	V (955.20 - 2574.07)	1	36.32

A ocupação de manchas de menor extensão (Classe I) com um grande número de fragmentos na classe indica a alta fragmentação da área. Em estudo semelhante, Nascimento *et al.* (2006), analisando os fragmentos da bacia hidrográfica do rio Alegre-ES, encontraram dentre 475 fragmentos mapeados, 56,63% de fragmentos pequenos com área inferior a 2ha. Juvanol *et al.*, (2011) ao estudarem a estrutura da vegetação dos Parques estaduais de Forno Grande e Pedra Azul no Espírito Santo em áreas de Mata Atlântica com métricas de paisagem, perceberam que ocorreu uma predominância de fragmentos pequenos (83%), o que de acordo com os autores, é um padrão comum em florestas de Mata Atlântica bastante fragmentadas ao longo do tempo.

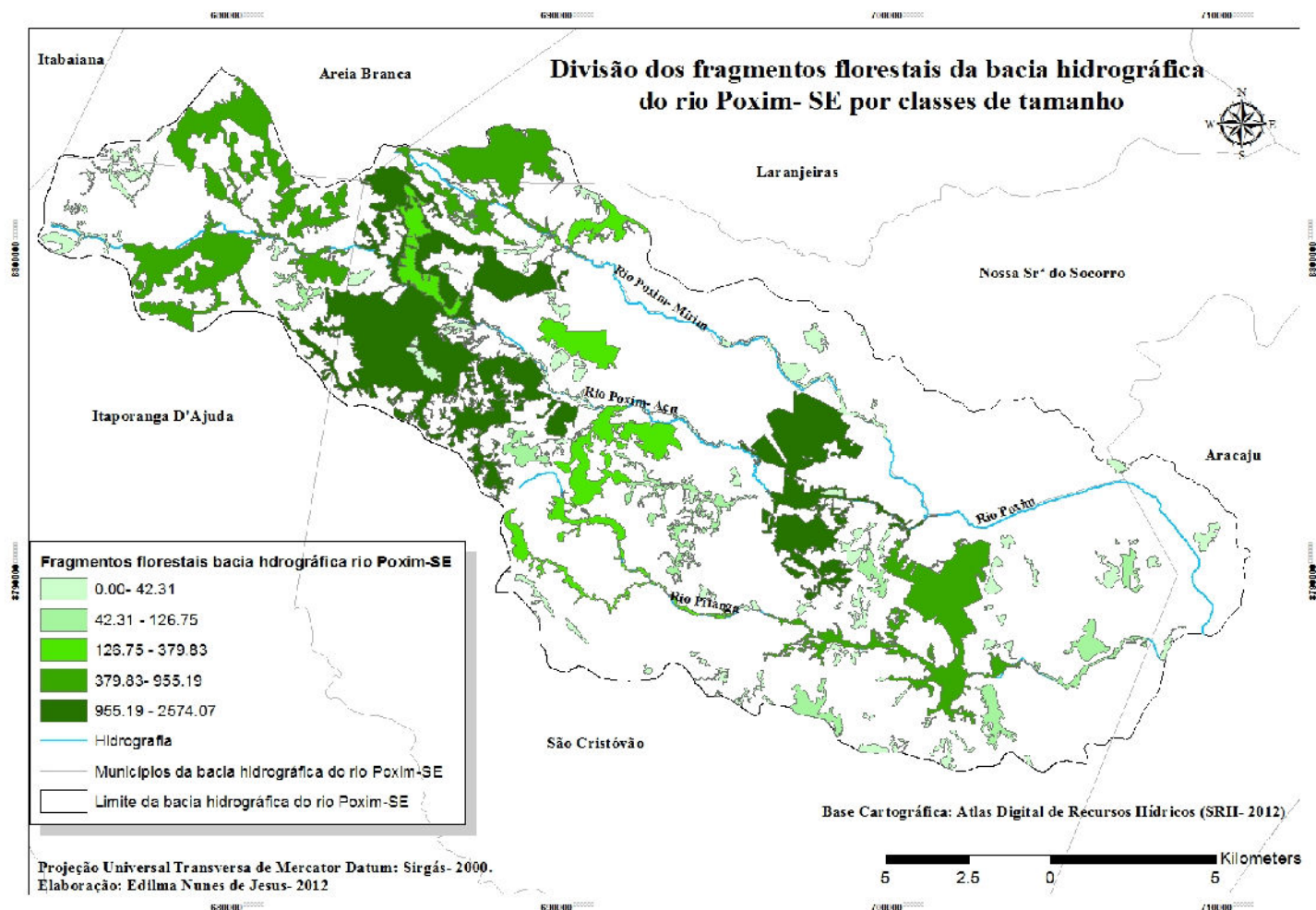


Figura 3. Divisão dos fragmentos florestais da bacia hidrográfica do rio Poxim em classes de tamanho.

Além disso, estudos apontam que a formação de pequenos fragmentos relaciona-se com o uso econômico do solo, pois, locais onde a estrutura fundiária predominante é constituída de pequenas propriedades rurais, os pequenos fragmentos tornam-se comuns em virtude da retirada da vegetação de áreas planas para o cultivo. Essa retirada geralmente é feita em áreas de floresta nativa, formando vários fragmentos na paisagem (CEMIN *et al.*, 2009; GOERL *et al.*, 2011). Como na bacia hidrográfica do rio Poxim predominam as pequenas propriedades rurais, este também é um fator que influencia a fragmentação da área. Nesse sentido, pequenos fragmentos em áreas de Mata Atlântica apontam a necessidade de se implementar estratégias de conservação e recuperação, para promover o aumento da conectividade entre esses remanescentes, visto que, estes se constituem em ambientes mais atingidos pelos efeitos da fragmentação (LAURANCE & VASCONCELOS, 2009; CALEGARI *et al.*, 2010).

É importante ressaltar que o padrão encontrado com relação a ocorrência de um maior número de fragmentos pequenos, fato este verificado em outros trabalhos de regiões distintas do Brasil, demonstra que, para a região Nordeste e mais precisamente o estado de Sergipe e bacia hidrográfica do rio Poxim, os poucos remanescentes de Mata Atlântica locais são áreas com grandes possibilidades de serem afetadas com as alterações provocadas pela fragmentação. Esse fato pode ser percebido com a presença de pequenos fragmentos que por sua vez, são mais propensos a estas alterações, frutos do uso do solo muitas vezes de forma inadequada, sem considerar a necessidade de se planejar ações que considerassem a importância de se manter a conectividade da vegetação.

Entretanto, mesmo numa maioria de pequenos remanescentes, identificou-se um fragmento bastante representativo para área por apresentar grande extensão presente na Classe V. Os fragmentos maiores, denominados por alguns autores como “fragmento-matriz”, podem ser considerados como principal fonte de recursos e material genético das manchas menores, se destacando nesse sentido a sua importância no contexto da paisagem. Além disso, grandes remanescentes tendem a ser ambientes onde as taxas de imigração das populações de fauna são altas, principalmente quando existe proximidade entre as manchas, o que possibilita o restabelecimento no número das espécies locais e melhoria na resiliência da área (CASTRO & FERREIRA, 2009 PARDINI *et al.*, 2010).

Outro aspecto importante para a presença de fragmentos que apresentem maiores extensões com relação ao padrão apresentado na área, é que além de disponibilizar recursos à fauna e fornecer propágulos para os remanescentes menores, essas áreas podem servir também como base para futuros mapeamentos de fragmentos que possam servir de fonte para coleta de sementes, pois, a possibilidade de ocorrência de matrizes é maior em fragmentos mais conservados.

Com relação ao tamanho médio das manchas obteve-se 67,23 hectares (MPS) para toda a paisagem, o valor de desvio padrão (PSSD) foi de 10,65 ha e coeficiente de variação (PSCov) em 109,40 % (Tabela 2). O valor de MPS encontrado para a paisagem pode ser considerado como alto em se tratando de área de Mata Atlântica, se comparado com trabalhos anteriores como, por exemplo, na pesquisa de Bezerra *et al.* (2011), que ao estudarem a sub-bacia do Córrego Horizonte-ES verificaram para MPS 27,8 ha, que neste estudo foi considerado um valor elevado para tamanho médio de fragmento. Além disso, o alto valor de MPS para a paisagem, mesmo com uma maioria de pequenos fragmentos, deve-se também à variabilidade do tamanho das manchas já apontada no desvio padrão (PSSD) e coeficiente de variação (PSCov).

Tabela 2. Tamanho médio das manchas da bacia hidrográfica do rio Poxim-SE, com a divisão por classes (I, II, III, IV, V), em ordem crescente com relação ao tamanho dos fragmentos florestais.

Métrica	Classes (ha)	Tamanho médio dos fragmentos
MPS	I (0.00 - 42.31)	9.73
	II (42.31 - 126.75)	78.90
	III (126.75 - 379.84)	247.74
	IV (379.84 - 955.20)	777.98
	V (955.20 - 2574.07)	2,574.07

Ao analisar o índice calculado para área de borda dos fragmentos, foi encontrado 1.036,24 m para TE (total de área de borda da paisagem). Pela divisão em classes encontraram-se valores diferentes, sendo na classe IV o maior valor de área de borda e na III o menor valor. Apesar da classe IV apresentar fragmentos extensos, foi verificado que as maiores áreas de borda encontram-se na mesma (Figura 4).

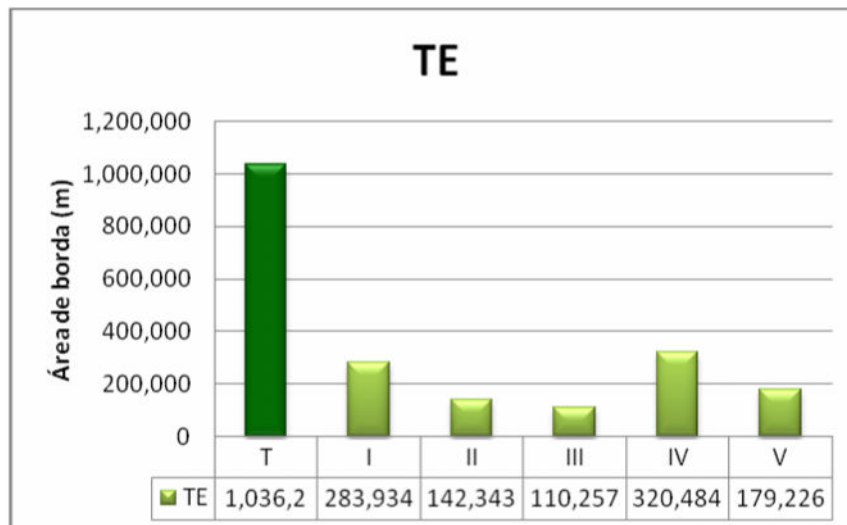


Figura 4. Total dos valores para área de borda dos fragmentos (m) da bacia hidrográfica do rio Poxim- SE, em toda a paisagem (T) e por classes (I, II, III, IV e V).

Estudo semelhante, onde valores altos de borda não estiveram presentes em fragmentos pequenos foi realizado por Pirovani (2010) realizado na bacia hidrográfica do rio Itapemirim (ES), encontrando um total de área de borda (TE) de 6.093.97m para toda bacia, e na divisão por classes, foram os fragmentos médios com extensão entre 5 e 50 ha, que apresentaram maiores valores de TE com 2.568.01m; os fragmentos pequenos de até 5 ha, obtiveram TE de 1.801.33m e os fragmentos maiores acima de 50 ha apresentaram menores valores de TE com 1.732.07 m.

Valores mais altos de área de borda indicam probabilidade de ocorrência de maior efeito de fragmentação, pois, as florestas ao serem fragmentadas tem sua área de borda aumentada consideravelmente, provocando alterações abióticas (temperatura, luminosidade, umidade etc.) entre a área de transição e a paisagem do entorno. As transformações provocadas pela presença da borda influenciam diretamente a permanência de espécies mais sensíveis, intolerantes a esse processo (LAURANCE & VASCONCELOS, 2009).

Outro parâmetro relacionado com a área de borda é o Índice de Forma (MSI), onde as formas mais irregulares dos fragmentos relacionam-se com o efeito de perturbações e consequentemente, fragmentos com maiores áreas de borda (KURASZ *et al.*, 2008). De acordo com o índice de forma média encontrado para a área em estudo, (MSI) percebeu-se que tanto para a análise de paisagem quanto na distribuição por classes, todos os fragmentos apresentaram forma irregular. Para a paisagem o índice foi de 2,7, e na divisão por classes a classe V apresentou formas mais irregulares. Por outro lado, as formas mais regulares foram

identificadas na classe I. Na análise ponderada AWMSI, este padrão se manteve, mesmo com a distribuição de pesos de acordo com o tamanho das áreas (Figuras 5 e 6).

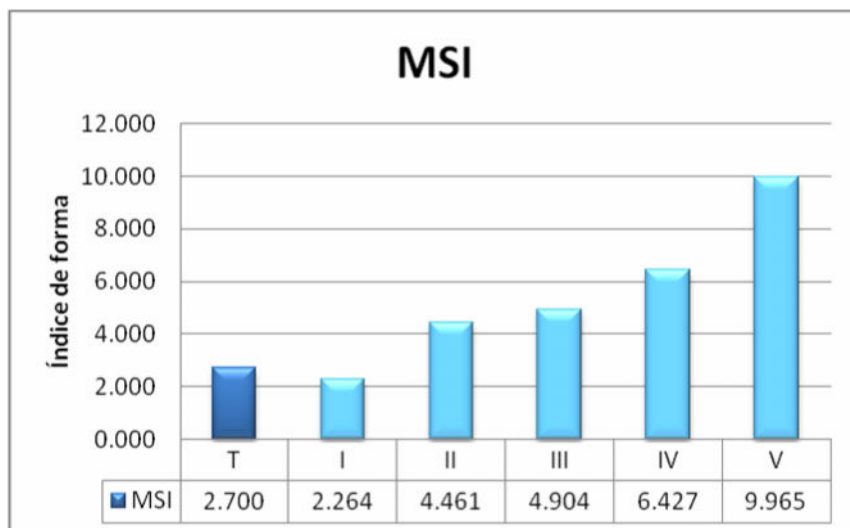


Figura 5. Total dos valores do índice de circularidade dos fragmentos florestais da bacia hidrográfica do rio Poxim-SE, em toda a paisagem (T) e por classes (I, II, III, IV e V).

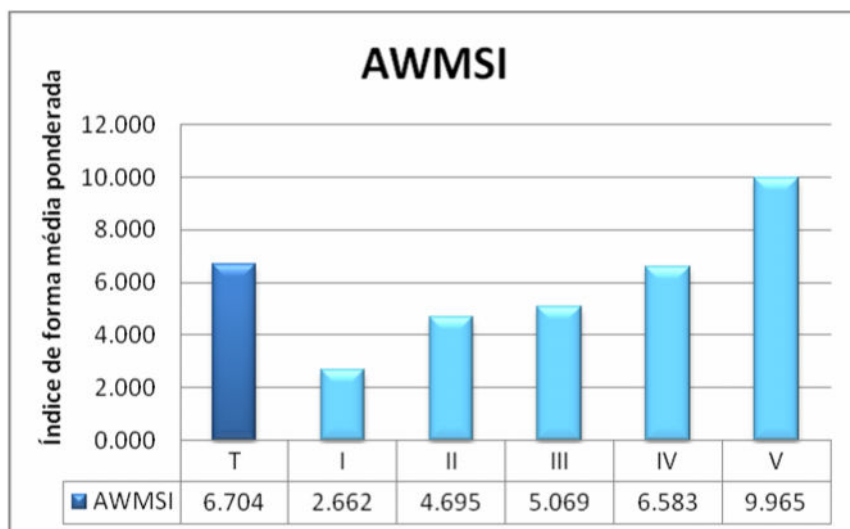


Figura 6. Total dos valores média ponderada do índice de circularidade dos fragmentos florestais da bacia hidrográfica do rio Poxim (SE), em toda a paisagem (T) e por classes (I, II, III, IV e V).

Os resultados para MSI se assemelham com os valores encontrados para a métrica TE, apontando para os fragmentos maiores como áreas mais propensas ao aumento de borda. Cemin *et al.* (2009), estudando métrica de forma dos fragmentos da sub-bacia hidrográfica do Arroio Jacaré no Rio Grande do Sul (RS), encontraram um padrão mais regular com índices entre 1,36 e 1,44 para os fragmentos que eram em maioria (87,82%) menores que 1 hectare.

Na pesquisa realizada por Silva (2012), na sub-bacia hidrográfica do rio Alegre-ES, os fragmentos menores (0 a 1 ha) também apresentaram formas mais regulares com MSI de 1,7, com relação a fragmentos mais extensos (acima de 20 ha) que obtiveram MSI de 2,8. De acordo com a autora, a existência de fragmentos menores com formas mais regulares não significa necessariamente que os mesmos seriam mais conservados, pois, por apresentarem área mais reduzida seriam mais susceptíveis a efeitos negativos provocados pela proximidade com a área de borda. Neste sentido, mesmo apresentando menor área de borda (TE) e índices de forma mais regulares (MSI), os menores fragmentos da bacia hidrográfica do rio Poxim, não seriam necessariamente as áreas com melhores condições de conservação.

Os fragmentos de formas irregulares em toda área de estudo, indicam a ocorrência de áreas mais recortadas, o que remete a fragmentos apresentando formas mais complexas e, portanto com menor área interior (área núcleo), e maior propensão a existência de área de borda. Como as áreas de borda apresentam condições específicas de umidade, temperatura e disponibilidade de recursos, esse fato promove consequentemente ambientes restritos às espécies com adaptações a ambientes alterados (generalistas).

Na análise do isolamento na paisagem observou-se uma média de distância do vizinho mais próximo (MNN) em 657,3 metros. Na divisão por classes, a classe IV apresentou maiores valores de isolamento (16.349,83m) e a classe I os menores valores (244,06m). Assim, os fragmentos menores (Classe I) apresentam maiores condições de proximidade com os fragmentos da mesma classe, ao contrário do padrão encontrado para a classe IV que apresentou um valor muito elevado de distância entre os fragmentos de mesma classe.

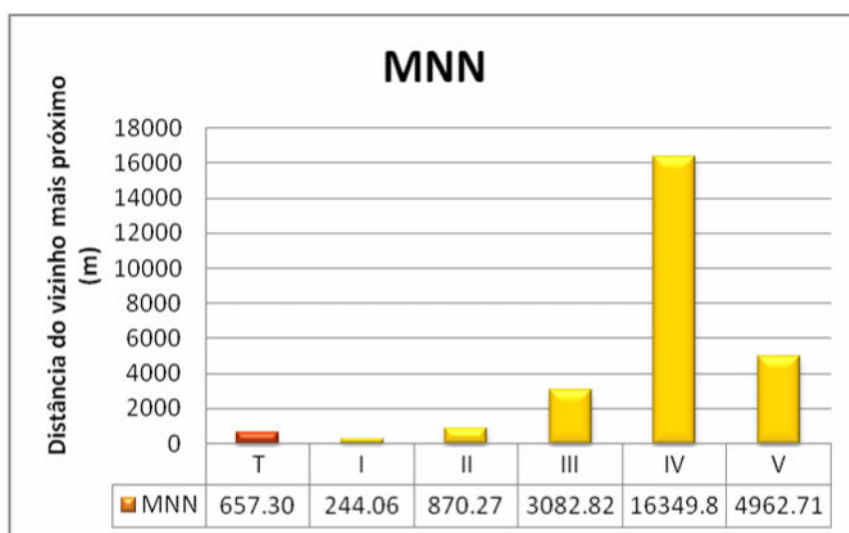


Figura 7. Total dos valores do índice para distância entre os fragmentos mais próximos na mesma classe na bacia hidrográfica do rio Poxim-(SE) em toda a paisagem (T) e por classes (I, II, III, IV e V).

Semelhante a este resultado, Pirovani (2010) encontrou uma média de 793,5 m de distância na paisagem dos fragmentos florestais da bacia hidrográfica do rio Itapemirim e, para fragmentos menores 1.328m de distância; para os médios 1.594m e para os pequenos 1.331m. Segundo a autora, os valores encontrados nesta pesquisa indicam um alto grau de isolamento, o que prejudica diretamente as interações entre a fauna e flora local.

Ribeiro *et al.* (2009), ao estudarem áreas de Mata atlântica em cinco centros de endemismos (Bahia, Brejos Nordestinos, Pernambuco, Diamantina e Serra do Mar) e três regiões de transição (São Francisco, Araucária e Florestas do Interior), identificaram um isolamento médio de 1.441 m, para toda área incluindo todos os fragmentos na análise. Ao excluir fragmentos >50 ha, o grau de isolamento aumentou consideravelmente atingindo 3.532 m, o que demonstrou não apenas o padrão de alto isolamento dos fragmentos de Mata Atlântica, como também o papel dos fragmentos menores na redução desse evento.

O isolamento da paisagem se destaca como um dos processos que potencializam os efeitos da fragmentação e indicam a redução dos processos ecológicos no meio (ALANDI *et al.*, 2009). O alto grau de isolamento verificado na bacia hidrográfica do rio Poxim, reflete os efeitos da fragmentação na área ao formar uma paisagem com remanescentes distantes entre si, bem como as consequências prejudiciais desse fator nas condições de dispersão e deslocamento das espécies, o que pode significar uma ameaça à permanência das mesmas.

3.1.2 Modelagem da área núcleo e área de borda

De acordo com as métricas aplicadas verificou-se que o total de área núcleo remanescente na paisagem (TCA) a partir de uma área de borda de 35 metros será de 6.420, 38 hectares. A média do percentual de área núcleo (TCAI) para a paisagem será de 68.43%, com maior valor para as classe V (79.53%) e menor valor na classe I (38.20%) (Tabela 3 e Figura 8).

Tabela 3. Índice de Área Total (%) de área núcleo das manchas por classes a partir de 35 metros de área de borda, simulados para as condições dos fragmentos florestais da bacia hidrográfica do rio Poxim-SE.

Métrica	Classes (ha)	Total %
TCAI	I (0.00 - 42.31)	38.20
	II (42.31 - 126.75)	48.85
	III(126.75 - 379.84)	65.98
	IV (379.84 - 955.20)	74.52
	V (955.20 - 2574.07)	79.53

Os menores valores de área núcleo na classe I e os maiores na classe V, para uma área de borda de 35 metros comprovam que os fragmentos menores são os que mais sofrem os efeitos da fragmentação, considerando-se um mínimo de largura de borda.

Entretanto, de acordo com Pardini *et al.*, (2009), o efeito de borda pode existir mesmo em grandes fragmentos, caso estes estejam bastante alterados pelas atividades antrópicas ou apresentem a matriz do entorno formada por apenas habitats homogêneos. Essas condições favorecem o aumento de espécies generalistas nas áreas de borda, semelhante ao que ocorre em fragmentos pequenos.

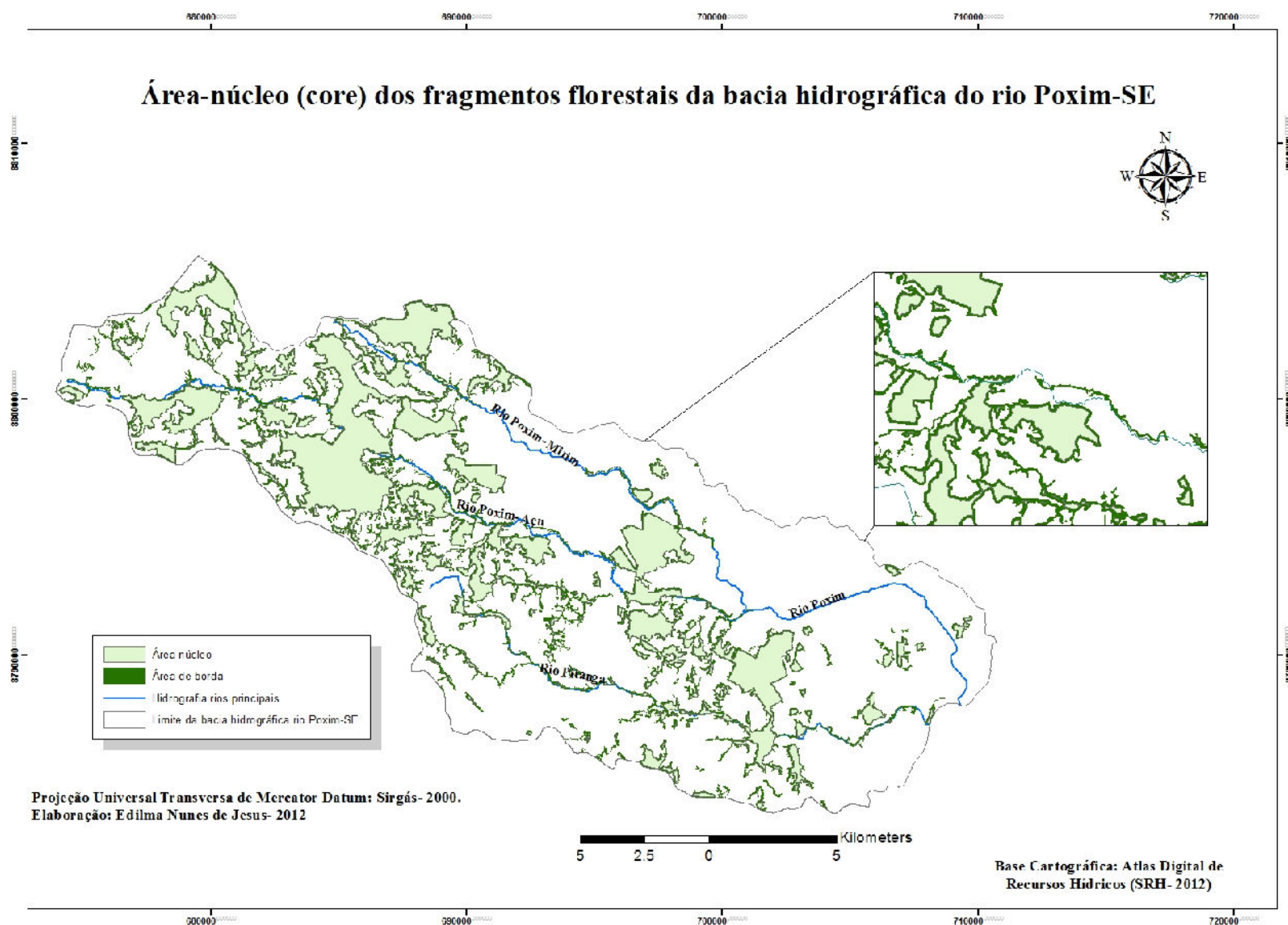


Figura 8. Área-núcleo dos fragmentos florestais da bacia hidrográfica do rio Poxim com área de borda de 35 metros.

As possibilidades de ocorrência do efeito de borda nas áreas relaciona-se com a formação de ambientes desfavoráveis para inúmeras espécies mais sensíveis à fragmentação na área. Dessa forma, o aumento da área tampão (ou área de amortecimento) no entorno dos fragmentos mais afetados poderia ser uma alternativa para amortecer esse processo.

O plantio da zona tampão pode ser realizado com espécies florestais de rápido crescimento, mesmo que sejam de interesse econômico. A utilização de áreas de amortecimento ao redor dos fragmentos atua como um filtro, evitando que impactos externos cheguem até os fragmentos e se propaguem, diminuindo as pressões do entorno (VITALLI *et al.*, 2009; CALEGARI *et al.*, 2010).

Metzger (2008) recomenda para o manejo de paisagens fragmentadas, alternativas de restauração florestal que visem o aumento da área do fragmento ou a proteção das bordas, como estratégias para o restabelecimento do fluxo biológico, bem como a redução dos riscos de extinção.

Comparando-se as possibilidades de área de borda sobre as métricas citadas anteriormente (CA, TLA, NUMP e MPS) percebeu-se que caso a área borda seja de no mínimo 35 metros, a cobertura de área total que estaria fora da área de borda (CA) seria reduzida em aproximadamente 32%; a média do tamanho dos fragmentos seria reduzida em aproximadamente 15% e o número total de fragmentos em 20%. Dentre o número total de fragmentos após a simulação para este comprimento de borda, haveria na área um total 28 fragmentos cuja área estaria totalmente sob a área de borda (Tabela 4).

Tabela 4. Comparação entre a área de borda de 35 metros e os valores de área total (CA), e o número de fragmentos (NUMP) e média do tamanho dos fragmentos (MPS) considerando toda a paisagem da bacia hidrográfica do rio Poxim-SE.

Métricas	Total sem a área de borda	Total com a área de borda
(paisagem)		
CA	9,412 (ha)	6,420 (ha)
NUMP	140	112
MPS	67,230 (ha)	57,324 (ha)

Em estudo semelhante, Gomide e Lingnau (2009) ao analisarem a área de borda nos fragmentos da Fazenda Experimental do Canguiri no Paraná, verificaram que com 50 metros de largura, a área de borda reduziria o número de fragmentos de 14 para 9, o que

corresponderia a uma redução de 35,71% dos fragmentos da área. De acordo com o autor, este dado demonstra a grande fragilidade da área diante da fragmentação florestal.

Vidolin *et al.* (2011), encontraram uma redução de área em 95,84% em um trecho de vegetação ciliar localizado entre os municípios de General Carneiro e Palmas (PR) ao simular uma área de borda de apenas 30 metros. Este resultado demonstrou a probabilidade da ocorrência de efeitos negativos em uma área de grande valor ecológico, para as espécies locais.

Silva (2012) ao realizar uma análise estrutural dos fragmentos das Unidades de Conservação do Estado de Sergipe, utilizou como parâmetro a largura de borda em 50 metros encontrando para o tamanho médio dos fragmentos da área (MPS) um decréscimo de 32,62 ha para 8,39 ha (74%), além da redução de 47,65% da área total da paisagem.

Assim, a aplicação da métrica de área central para uma borda de 35 metros apontou que na área de estudo, essa variável teria como resultados: a redução da área de vegetação que possa ser considerada sem alterações provocadas pela área de borda; um número considerável de fragmentos totalmente sob a área de borda (28) e a diminuição no tamanho médio dos fragmentos.

3.2 Avaliação das informações em campo

Foram demarcados 50 pontos, distribuídos em toda a bacia nos setores do alto, médio e baixo curso dos rios principais (Poxim, Poxim-Açú, Poxim-mirim e Pitanga) (Figura 9). Durante as visitas em campo, foram percebidas várias ações antrópicas no entorno dos fragmentos da bacia hidrográfica, que contribuem para a intensificação da fragmentação na área. Dentre estas atividades destacam-se:

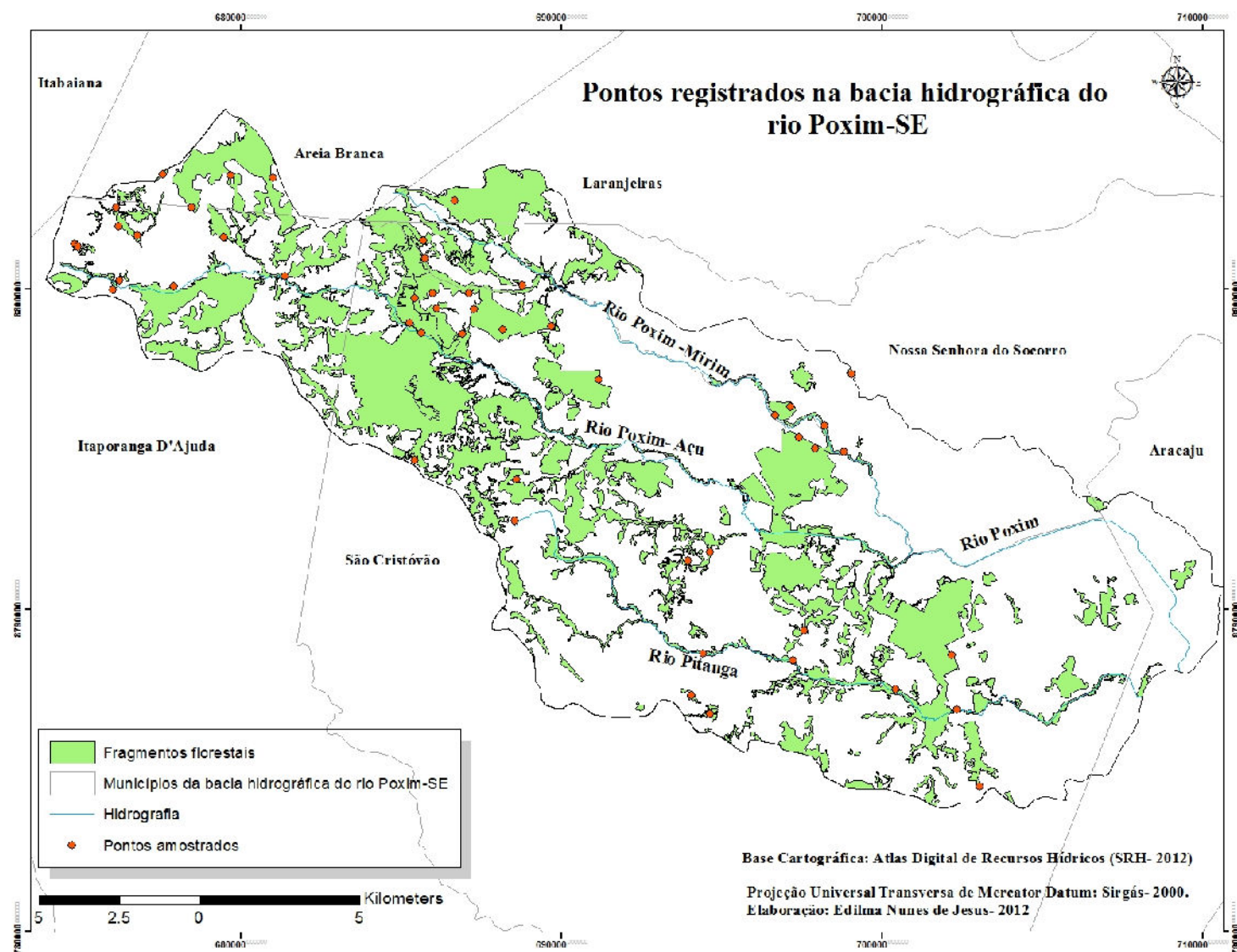


Figura 9. Pontos amostrados ao longo de toda bacia hidrográfica do rio Poxim-SE, registrados nas proximidades dos fragmentos florestais, para verificação das informações em campo.

a) Agricultura: as atividades agrícolas que abrangem grandes áreas na bacia hidrográfica do rio Poxim são principalmente as monoculturas da cana-de-açúcar e plantios mais recentes de eucalipto (Figura 10 A e B). As monoculturas implantadas ao longo da bacia, como, por exemplo, as áreas de cana-de-açúcar, formam manchas de permeabilidade reduzida para várias espécies da fauna que não conseguem deslocar-se por essas áreas. Nesse sentido, as manchas de cultivos agrícolas encontradas podem se relacionar com a quebra de conectividade da área e o isolamento dos remanescentes na paisagem.

As barreiras formadas pelas atividades agrícolas influenciam os remanescentes do entorno, ao compor áreas de estrutura com baixa similaridade florística e fisionômica em relação aos habitats naturais. De acordo com Metzger (2008), esse aspecto é denominado de “permeabilidade da matriz”, que é a propriedade das áreas antropizadas em possibilitar ou dificultar os fluxos biológicos locais.

A permeabilidade da matriz juntamente com a dispersão da fauna afeta diretamente a dinâmica da comunidade vegetal. Nesse sentido, de acordo com as culturas implantadas na área, plantios de eucalipto apesar de diferirem dos habitats naturais, ainda podem ser mais permeáveis em relação às áreas de cana-de-açúcar. Isso ocorre por que as áreas de eucalipto são mais atrativas na dispersão da avifauna, principalmente, por que os talhões de eucalipto podem apresentar sub-bosque com espécies nativas que servem como fonte de alimento. Em contrapartida, as áreas de cana-de-açúcar apresentam reduzidas taxas de espécies de aves em especial as frugívoras. Esse fato se relaciona com a baixíssima disponibilidade de recursos presentes neste tipo de plantio (PIRATELLI *et al.*, 2005; STRAUBE, 2008; CORRÊA & MOURA, 2011).



Figura 10. Plantio de cana-de-açúcar (A) e plantio de eucalipto (B) presentes no entorno dos fragmentos florestais da bacia hidrográfica do rio Poxim-SE (São Cristóvão-SE).

b) Pecuária e pastagem: os sistemas de produção animal afetam o meio, desde o momento da implantação da infraestrutura agrícola, com a retirada de vegetações nativa, uso da água para a dessedentação, pastagens para a alimentação animal e, com o superpastoreio intensivo que podem ter como resultados a compactação do solo e o aumento da erosão (FARIA & CASTRO, 2007; ARAÚJO *et al.*, 2010). Na bacia hidrográfica do rio Poxim, a pastagem é a principal forma de uso do solo representando 40, 54% de toda área (CUNHA, 2011). A ocorrência da pecuária e pastagem na bacia hidrográfica se relaciona com a fragmentação, pela substituição das áreas de mata nativa por áreas abertas (pastagens) de intensa exposição solar, o que implica na perda de biodiversidade desses locais (Figura11).



Figura 11. Pecuária e pastagem no entorno dos fragmentos florestais da bacia hidrográfica do rio Poxim-SE.(Areia Branca-SE).

Além disso, de acordo com Broadbent *et al.* (2008) e Almeida *et al.* (2011), os fragmentos florestais situados nas proximidades de pastagens podem ter o efeito de borda intensificado, como também ficarem mais susceptíveis à incêndios, pois estas áreas são queimadas anualmente, além da exposição ao pisoteio do gado que chega a adentrar na floresta.

c) Matas ciliares desmatadas: as vegetações ciliares são áreas de extrema relevância ecológica, pela estreita relação com os recursos hídricos, proteção de solos, além de compor habitat para inúmeras espécies de fauna (LIMA & ZAIKA, 2000). Devido à importância das matas ciliares, são áreas protegidas por lei.

Embora exista o aparato legal determinando a manutenção e proteção das matas ciliares, foram verificados em pontos da área de estudo, vários trechos de vegetação ciliar desmatados e muitas vezes com plantio de agricultura de subsistência (Figura 12). Os conflitos de uso de solo são frequentes na bacia hidrográfica do rio Poxim, onde áreas de nascentes dos principais cursos d'água encontram-se sob constante pressão antrópica, que legalmente seriam consideradas como Áreas de Preservação Permanente- APP, sendo prioritárias ações de recuperação nesses ambientes (COSTA, 2011; FERREIRA *et al.*, 2011).

A conservação dos recursos hídricos não depende apenas do seu uso propriamente dito, mas também das atividades no solo ao seu redor. Dessa forma, o planejamento no uso e ocupação de solo para áreas ripárias, deve ser realizado como estratégia para evitar impactos na bacia hidrográfica que possam vir a comprometer os serviços ambientais desempenhados por estas áreas (ATTANASIO *et al.*, 2012; SILVEIRA & LUCIANO, 2012). Além da proteção aos recursos hídricos, a estreita relação entre as matas ciliares e a formação de hábitat para inúmeras espécies da flora e fauna, faz com que a redução e/ou ainda a fragmentação dessa vegetação represente impactos ecológicos na área em estudo.



Figura 12. Faixa de vegetação ciliar desmatada localizada próxima aos cursos d'água pertencentes à bacia hidrográfica do rio Poxim -SE (Areia Branca-SE).

d) Mineração para extração de areia: a mineração de areia presente na área indica a ocorrência de um dano ambiental de grande abrangência, pois, a mineração é considerada como atividade de alto impacto (Figura 13).



Figura 13. Área de mineração de areia localizada na bacia hidrográfica do rio Poxim-SE (Areia Branca-SE).

Em ecossistemas tropicais, as atividades mineradoras atingem poucos trechos das áreas de floresta. Entretanto, o grau de impacto gerado pela mineração é surpreendentemente superior às demais atividades em virtude da erosão, assoreamento, alteração da qualidade da água de rios, lagos e/ou reservatórios associados a esse tipo de exploração dos recursos naturais. Dessa maneira, torna-se imprescindível a intervenção humana para que as áreas degradadas pela mineração possam ser restauradas (PARROTA & KNOWLES, 2008). Além disso, as possibilidades de ocorrer regeneração natural em áreas mineradas são extremamente reduzidas, porque poucas sementes conseguem germinar e desenvolver-se em solos degradados pela mineração (CORRÊA, 2005). Nesse sentido, as atividades mineradoras presentes nas proximidades de fragmentos poderão reduzir as possibilidades de restauração florestal nessas áreas e também de conectividade entre os remanescentes.

f) Deposição de lixo: foi registrado em vários pontos da bacia hidrográfica, geralmente em fragmentos próximos de moradias, descarte de lixo e deposição de material de cultos religiosos nas proximidades dos fragmentos (Figuras 14 A e B). Além da poluição e risco de contaminação do solo, rios etc., a presença de lixo próximo aos fragmentos, pode ter o comprometimento de expor essas áreas a incêndios caso seja realizada a queima do mesmo no local. De acordo com Viana e Pinheiro (1998), os fragmentos florestais não existem em locais destituídos de pessoas, ao contrário, a presença humana determina na maioria das vezes, o histórico de perturbação e degradação dos remanescentes florestais e, a relação das comunidades do entorno, contribui para que se possa compreender melhor a estrutura e dinâmica dos fragmentos florestais.



Figuras 14 (A e B). Descarte de lixo (A) e deposição de material de cultos religiosos (B) nas proximidades dos fragmentos florestais da bacia hidrográfica do rio Poxim-SE (São Cristóvão-SE).

Assim, foi possível verificar por meio das informações coletadas em campo a ocorrência de vários fatores (agricultura, pecuária, retirada das matas ciliares, mineração, etc.) que complementaram o que já havia sido apontado pelas métricas, ou seja, as informações em campo “materializaram” as características estruturais que foram evidenciadas com as métricas da paisagem aplicadas.

Ao analisar de forma integrada as atividades de uso de solo determinadas por fatores econômicos e sociais e seus reflexos nos aspectos ecológicos, foi possível perceber que a validação das informações *in loco* contribui diretamente para uma melhor compreensão dos entraves que existem no planejamento para restauração de áreas degradadas. Além disso, a utilização da bacia hidrográfica como unidade de planejamento traz à tona exemplos de situações que comprometem os fragmentos de Mata Atlântica da área que, caso sejam analisados numa escala mais simplificada possivelmente não seriam tão evidentes. Assim, essa etapa é fundamental para dar maior precisão à avaliação dos índices de paisagem e ainda, como fonte de informações para melhorias no planejamento e gestão da bacia hidrográfica do rio Poxim.

4.0 Conclusão

Foi possível identificar a intensa fragmentação da área pela predominância de fragmentos pequenos na bacia hidrográfica do rio Poxim-SE;

Dentre os fragmentos existentes, alguns fragmentos são representativos com relação à extensão e, por sua vez, são áreas de extrema importância para a conservação da biodiversidade local;

O padrão de forma irregular em todos os fragmentos florestais da bacia hidrográfica relaciona-se com as possibilidades de ocorrência de efeito de borda na paisagem;

O alto grau de isolamento entre os remanescentes da área refletem a quebra de dispersão, de fluxo biológico e de gênico, o que representa um efeito deletério para as espécies locais;

De acordo com a métrica de área núcleo, mesmo em condições de simulação para uma largura de área de borda mínima (35 metros), os fragmentos da bacia hidrográfica do rio Poxim se configuram com grande susceptibilidade ao efeito de borda, caso esse processo ocorra na área;

As informações obtidas em campo corroboram com a avaliação realizada pelas métricas, ao identificar aspectos que se relacionam com os fatores da fragmentação relacionados ao tamanho de área, forma dos fragmentos e grau de isolamento dos remanescentes, o que reforça a validade desse tipo de análise;

A fragmentação florestal na bacia hidrográfica do rio Poxim é um processo perceptível por meio das métricas da paisagem e, devido às consequências prejudiciais que essa forma de degradação traz ao meio, minimizar este processo deverá ser uma das metas das diretrizes nos planejamentos de conservação da biodiversidade.

5.0 Referências

AB'SABER, A. N. O suporte geoecológico das Florestas Beiradeiras (Ciliares). In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: EDUSP/FAPESP, p.15-25, 2001.

AGUIAR NETTO, A. O. Descrição geral da sub-bacia hidrográfica do rio Poxim. In: ALVES, J. do P. H.; GARCIA, C. A. B.; AGUIAR NETTO, A. O. de; FERREIRA, R. A. (Coords.) Diagnóstico e avaliação da sub-bacia Hidrográfica do rio Poxim. **Relatório de Pesquisa**. Sergipe: EDUFS/FAPESE, p. 11-28, 2006. 245p.

ALANDI, C. M.; LA GUERRA, M. M. PUIG, C. C.; FERNANDÉZ, J. V. L. **Conectividad ecológica y áreas protegidas: Herramientas y casos prácticos**. Madrid: FUNGOBE, 2009 86p.

ALMEIDA, F. S; GOMES, D. S; QUEIROZ, J. M. Estratégias para a conservação da diversidade biológica em florestas fragmentadas. **Ambiência**, v.7 n.2 p.367 – 382, 2011.

ARAÚJO, M. L. M. N; LOPES, L. R; SOUSA, R. J. S; ALMEIDA, P. G; ALVES, L. S; WANDERLEY, J. A. C. Impactos ambientais nas margens do rio Piancó causados pela agropecuária. **Rebaga**, v. 4. n.1. p. 13-33, 2010.

ATTANASIO, C. M.; GANDOLFI, S.; ZAKIA, M. J. B.; VENIZIANI- JÚNIOR, C. T.; LIMA, W. P. A importância das áreas ripárias para a sustentabilidade hidrológica do uso da terra em microbacias hidrográficas. **Bragantia**. v. 71. n. 4. p.493-501, 2012.

BEZERRA, C. G.; SANTOS, A. R.; PIROVANI, D. B.; PIMENTEL, L. B.; EUGENIO, F. C. Estudo da fragmentação florestal e ecologia da paisagem na sub-bacia hidrográfica do Córrego Horizonte, Alegre, ES. **Espaço & Geografia**, v.14, n.2. p. 257-277, 2011.

BOLFE, E. L.; BOLFE, A. F.; SIQUEIRA, E. R. Dinâmica do uso e ocupação do solo: subsídio à recuperação de áreas degradadas em Japarutuba, SE.Santa Maria. **Revista Geomática**, v. 3. n. 1. p.1-17, 2008.

BOULEGAT, C. A. A fragmentação da vegetação natural e o paradigma do desenvolvimento rural. In: COSTA, R.B.(Org.) **Fragmentação florestal e alternativas de desenvolvimento rural na região Centro-Oeste**.Campo Grande: UCD, 2003. p.01-25.

BRASIL. Agência Nacional das Águas. **A gestão dos recursos hídricos no estado de Sergipe**. Série: Sistema Nacional de Informações sobre recursos hídricos. CD N° 1, versão preliminar 2001.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Fragmentação de Ecossistemas: Causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas**. Denise Marçal Rambaldi, Daniela América Suárez de Oliveira (Orgs.). Brasília: MMA/SBF, 2003. 510 p.

BROADBENT, E. N.; ASNER, G. P.; KELLER, M.; KNAPPA, D. E.; OLIVEIRA, P. J. C.; SILVA, J. N.. Forest fragmentation and edge effects from deforestation and selective logging in the Brazilian Amazon. **Biological Conservation**, v. 141, n. 7. p. 1745-1757, 2008.

CALEGARI, L; MARTINS, S. V; GLERIANI, J. M; SILVA, E; BUSATO, L. C. Análise da dinâmica de fragmentos florestais no município de Carandaí- MG, para fins de restauração florestal. **Revista Árvore**, v.34. n.5. p.871-880, 2010.

CASTRO, E. C.; FERREIRA, N. C. Diagnóstico do padrão de paisagem com métricas dos remanescentes de vegetação em Goiânia. **Habitus**, v.7. n.1. p.229-247, 2009.

CEMIN, G; PERICO, E; REMPEL, C. Composição e configuração da paisagem da sub-bacia do Arroio Jacaré, Vale do Taquari, RS, com ênfase nas áreas de florestas. **Revista Árvore**, v.33. n.4. p.705-711, 2009.

CENTRE FOR NORTHERN FOREST ECOSYSTEM RESEARCH.
<http://www.cnfer.on.ca/SEP/patchanalyst/>. Acesso em: 20/12/2012.

CORRÊA, R. S. **Recuperação de áreas degradadas pela mineração no cerrado: manual para revegetação**. 1 ed. Brasília: Universa, 186p. 2005.

COSTA, C. C. **Estratégias para proteção dos fragmentos florestais na Sub-Bacia do Rio Poxim-SE**. Dissertação: Mestrado em Agroecossistemas. Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão, 2011. 106p.

FARIA, K. M. S; CASTRO, S. S. Uso da terra e sua relação com os remanescentes de Cerrado na alta bacia do rio Araguaia (GO, MT e MS). **Geografia**, v. 32. n. 3. p. 657-668, 2007.

FERREIRA, R. A.; NETTO, A. O. A.; SANTOS, T. I. S.; SANTOS, B. L.; MATOS, E. L. Nascentes da sub-bacia hidrográfica do rio Poxim, estado de Sergipe: Da degradação à restauração. **Revista Árvore**, v.35, n.2, p.265-277, 2011.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. www.fundacaososmataatlantica.org.br. Acesso em: 20/10/2011.

GAVIRIA, A. C; MONTEALEGRE, R. O. Análisis del paisaje y su relación com La regeneración del roble (*Quercus humboldtii* BONPL.) em el municipio de Popayán, Departamento del Cauca. **Revista Colombia Forestal**. v. 13. n.2. p. 189-200. 2010.

GOERL, R. F; SIEFERT, C. A. C; SCULTZ, G. B; SANTOS, C. S; SANTOS, I. Elaboração e Aplicação de Índices de Fragmentação e Conectividade da Paisagem para Análise de Bacias Hidrográficas. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 5. n.1. p.1000-1012, 2011.

GOMIDE, L. R; LINGNAU, C. Simulação espacial de uma paisagem sob o efeito borda. **Revista Floresta**, v. 39. n. 2. p. 441-455, 2009.

JUVANHOL, R. S; FIEDLER, N. C; SANTOS, A. R; PIROVANI, D. B; LOUZADA, F. L. R. O; DIAS, H. M; TEBALDI, A. L. C. Análise Espacial de Fragmentos Florestais: Caso dos Parques Estaduais de Forno Grande e Pedra Azul, Estado do Espírito Santo. **Floresta e Ambiente**, v. 18. n.4. p.353-364, 2011.

KURASZ, G; ROSOT, N. C; OLIVEIRA, Y. M. M; ROSOT, M. A. Caracterização do entorno da reserva florestal Embrapa/ Epagri de Caçador (SC) usando imagem Ikonos. **Floresta**, v. 38, n. 4, p. 641-649, 2008.

LANG, S. **Análise da paisagem com SIG**. 1ª ed. São Paulo: Oficina de textos. 2009.405p.

LAURANCE, W. F; VASCONCELOS, H. L. Consequências ecológicas da fragmentação florestal na Amazônia. **Oecologia Brasiliensis**, v. 13. n.3. p.434-451, 2009.

LELE, N.; JOSHI, P. K.; AGRAWAL, S. P. Assessing forest fragmentation in northeastern region (NER) of India using landscape matrices. **Ecological indicators**, v. 8. n. 1. p. 657-663, 2008.

LIMA, M. J. B.; ZAKIA, M. J. B. Hidrologia das matas ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. (Ed.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: Editora Universidade de São Paulo: Fapesp, 2000. p. 33-44.

METZGER, J. P. Como restaurar a conectividade em paisagens fragmentadas? In: KAGEYAMA, P. Y.; OLIVEIRA, R. E.; MORAES, L. F.; ENGEL, V. L.; GANDARA, F. B. **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu: FEPAF, 1.ed.,2008. p.307-330.

METZGER, J. P. Estrutura da paisagem: o uso adequado de métricas. In: CULLEN JR., L.; RUDRAN, R.; VALLADARES-PADUA, C. (Orgs.) 2006. **Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre**. 2 ed. Curitiba: Ed. Universidade Federal do Paraná. 652 p.

MUCHAILH, M. C.; RODERJAN, C. V.; CAMPOS, J. B.; MACHADO, A. L. T.; CURCIO, G. R. Metodologia de planejamento de paisagens fragmentadas visando a formação de corredores ecológicos. **Floresta**, v. 40. n. 1. p. 147-162, 2010.

NASCIMENTO, M. C. SOARES, V. P.; RIBEIRO, C. A. A. S.; SILVA, E. Mapeamento dos fragmentos de vegetação florestal nativa da Bacia Hidrográfica do Rio Alegre, Espírito Santo, a partir de imagens do satélite IKONOS II. **Revista Árvore**, v.30. n.3. p. 389-398, 2006.

NORA, E. L. D.; SANTOS, J. E. Dinâmica ambiental da zona de amortecimento de áreas naturais protegidas. **Ambiência Guarapuava**, v. 7. n.2. p. 279-293, 2011.

PARDINI, R.; FARIA, D.; ACCACIO, G. M.; LAPS, R. R.; MARIANO-NETO, E.; PACIENCIA, M. L. B.; DIXO, M.; BAUMGARTEN, J. The challenge of maintaining Atlantic forest biodiversity: A multi-taxa conservation assessment of specialist and generalist species in an agro-forestry mosaic in southern Bahia. **Biological Conservation**. v.142. n.6. p. 1178–1190. 2009.

PARDINI, R.; BUENO, A. A.; GARDNER, T. A.; PRADO, P. I.; METZGER. Beyond the Fragmentation Threshold Hypothesis: Regime Shifts in Biodiversity Across Fragmented Landscapes. **Plos One**. v. 5. n. 10. p. 1-10. 2010.

PARROTA, J. A.; KNOWLES, O. H. Restauração florestal em áreas de mineração de bauxita na Amazônia. In: KAGEYAMA, P. Y.; OLIVEIRA, R. E.; MORAES, L. F.; ENGEL, V. L.; GANDARA, F. B.(Orgs.). **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu: FEPAF, 1 ed., 2008, p.307-330.

PEREIRA, M. A. S.; NEVES, N. A. G. S. Considerações sobre a fragmentação territorial e as redes de corredores ecológicos. **Geografia**, v. 16. n.2. p.5-24, 2007.

PIRATELLI, A.; ANDRADE, V. A.; LIMA-FILHO, M. Aves de fragmentos florestais em área de cultivo de cana-de-açúcar no sudeste do Brasil. **Iheringia**. v.95. n.2. p.217-222, 2005.

PIROVANI, D. B. **Fragmentação florestal, dinâmica e ecologia da paisagem na bacia hidrográfica do rio Itapemirim, ES**. Dissertação: Mestrado em Ciências Florestais. Universidade Federal do Espírito Santo. Jerônimo Monteiro, 2010.106 p.

PÔÇAS, I.; CUNHA, M.; PEREIRA, L. S. Remote sensing based indicators of changes in a mountain rural landscape of Northeast Portugal. **Applied Geography**, v.31. n.1. p. 871-880, 2011.

PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E. **Biologia da Conservação**. Londrina: Ed. Rodrigues, 2001. 327p.

RIBEIRO, M. C.; METZGER, J. P.; MARTENSEN, A. C.; PONZONI, F. J.; HIROTA, M. M. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation** . v.142. n.1. p. 1141–1153. 2009).

RODRIGUES, E. **Edge effects on the regeneration of forest fragments in south Brazil**. Tese: Doutorado em Ciências Biológicas. Harvard University, Cambridge, Massachusetts, 1998. 172 pp.

SANTOS, A. L. C. **Diagnóstico dos fragmentos de mata atlântica de Sergipe através de sensoriamento remoto**. Dissertação: Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Universidade Federal de Sergipe: São Cristóvão, 2009. 94p.

SAUNDERS, D. A., HOBBS, R. J., MARGULES, C. R. Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. **Conservation Biology**, v. 5, p. 18-32, 1991.

SERGIPE/ Secretaria de Estado do Planejamento, da Ciência e da tecnologia. **Atlas digital sobre os recursos hídrico de Sergipe**. SEPLANTEC/SRH. Sergipe, 2004.

SERGIPE/ Secretaria de Estado do Planejamento, da Ciência e da tecnologia. **Atlas digital sobre os recursos hídrico de Sergipe**. SEPLANTEC/SRH. Sergipe, 2012.

SILVA, Z. F. B. **Cenário atual da secção urbana do rio Poxim**. São Cristóvão: Universidade Federal de Sergipe- UFS. Gestão de Recursos Hídricos. 2001. 85 p.

SILVA, K. G. **Avaliação da cobertura florestal da sub-bacia hidrográfica do rio Alegre, Sul do estado do Espírito Santo, utilizando geotecnologias**. Dissertação: Mestrado em Ciências Florestais. Universidade Federal do Espírito Santo- UFES. Jerônimo Monteiro, 2012. 92 p.

SILVA, M. F. **Territórios da conservação: uma análise do potencial fitogeográfico das UC's de uso sustentável em Sergipe**. Tese: Doutorado em Geografia. Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão, 2012. 291p.

SILVEIRA, R. L.; LUCIANO, D. Avaliação das áreas de preservação permanente do rio Mogi Guaçu, no município de Pitangueiras- SP. **Nucleus**. v.9. n.1. p.123-130, 2012.

SOARES, J. A. **O rio Poxim, processo urbano e meio ambiente**. São Cristóvão: Universidade Federal de Sergipe- UFS. Gestão de Recursos Hídricos. 2001. 67 p.

STRAUBE, F. C. Avifauna da Fazenda Barra Mansa (Arapoti, Paraná), com anotações sobre a ocupação de monoculturas de essências arbóreas. **Atualidades Ornitológicas**. v.1. n.142. p.46-50, 2008.

TABARELLI, M; GASCON, C. Lições da pesquisa sobre fragmentação: aperfeiçoando políticas e diretrizes de manejo para a conservação da biodiversidade. **Megadiversidade**. v.1. n.1. p. 181-188. 2005.

VIANA, V. M; PINHEIRO, L. A. F. V. Conservação da biodiversidade em fragmentos florestais. **IPEF**, v. 12. n. 32. p. 25-42, 1998.

VIDOLIN, G. P; BIONDI, D; WANDEMBRUCK, A. Análise da estrutura da paisagem de um remanescente de floresta com araucária, Paraná, Brasil. **Revista Árvore**, v.35.n.3. p.515-525, 2011.

VITALLI, P. L.; ZAKIA, M. J. B.; DURIGAN, G. Considerações sobre a legislação correlata à zona-tampão de unidades de conservação no Brasil. **Ambiente & Sociedade**. v.12. n.1. p.67-82, 2009.

YUAN, F; PAUDEL, S. Assessing landscape changes and dynamics using patch analysis and GIS modeling. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**. v.16. n. 1. p. 66–76. 2012.

4. CAPÍTULO 2

Conectividade de fragmentos florestais como subsídio à restauração ecológica na bacia hidrográfica do rio Poxim-SE

RESUMO

A fragmentação florestal e o consequente isolamento das manchas de vegetação na paisagem são processos que contribuem para a diminuição da biodiversidade, cujos efeitos indicam a necessidade de se buscar o resgate da conectividade em paisagens fragmentadas. O planejamento e a gestão de áreas fragmentadas devem ser direcionados a partir de ferramentas que traduzam as condições de conectividade dos fragmentos naturais, para que seja possível determinar estratégias mitigadoras da fragmentação. Dessa forma, o presente trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a conectividade dos fragmentos florestais da bacia hidrográfica do rio Poxim, como estratégia na seleção de áreas prioritárias para restauração. A bacia hidrográfica do rio Poxim é formada pelos rios: Poxim-Mirim, Poxim-Açu e Pitanga, possui uma extensão de 397,95 km² e abrange 6 municípios em todo o estado, onde é possível encontrar um cenário de intensa degradação ambiental. Assim, analisou-se o grau de conectividade entre 140 nós de unidades de fragmentos florestais com o programa Conefor Sensinode 2.2, calculando-se o IIC (Índice Integral de Conectividade) e o PC (Probabilidade de Conectividade) para um limiar de 500m. De acordo com o IIC e PC calculados, a bacia hidrográfica apresenta 0,02 % de grau de conectividade em toda paisagem (IIC) e a probabilidade de dispersão em apenas 0,03%; um total de 132 fragmentos da área foram considerados de conectividade baixa; 7 fragmentos de conectividade média e apenas 1 fragmento com conectividade alta. O nó (fragmento) mais importante da área em estudo abrange 4 municípios em toda a bacia hidrográfica, fornecendo várias ligações para a vegetação na área. No entanto, de forma geral a baixa conectividade encontrada nos fragmentos, indica que existe uma maioria de fragmentos prioritários para os trabalhos de restauração de áreas degradadas, como tentativa de resgate da conectividade e maiores possibilidades na conservação da biodiversidade da área em estudo.

Palavras-chave: fragmentação; áreas prioritárias; ecologia de paisagem.

ABSTRACT

The forest fragmentation and the resulting isolation of patches of vegetation in the landscape are processes that contribute to the reduction of biodiversity, whose effects indicate the necessity to search for the ransom of connectivity in fragmented landscapes. The planning and management of the fragmented areas should be directed from tools that translate the conditions of connectivity of natural fragments, for which it is possible to determine strategies mitigating of fragmentation. So, this work was carried out with the objective to evaluate the connectivity of the forest fragments of the catchment basin of the river Poxim, as a strategy in the selection of priority areas for restoration. The basin of the river Poxim and formed by the rivers: Poxim-Mirim , Poxim-Acu and Pitanga, has an extension of 397.95 km² and includes 6 municipalities throughout the state, where it is possible to find a scene of intense environmental degradation. Thus, was analyzed the degree of connectivity between nodes 140 units of forest fragments with the program Conefor Sensinode 2.2, calculating the IIC (Integral Index of Connectivity) and PC (Probability of Connectivity) to a threshold of 500m. According to the IIC and PC calculated, the basin has 0.02% degree of connectivity throughout landscape (IIC) and the probability of dispersal in only 0.03%, a total of 132 fragments of the area were considered of low connectivity 7 fragments of connectivity and average only 1 fragment with high connectivity. The node (fragment) most important study area extends 4 municipalities in the area, providing several links to vegetation in the area. However, generally the low connectivity found in fragments, indicates that there is a majority of fragments priorities for the work on the restoration of degraded areas, as an attempt to rescue the connectivity and greater possibilities in the conservation of biodiversity of the area under study.

Keywords: fragmentation; priority areas; landscape ecology.

1.0 Introdução

A fragmentação da vegetação e perda da conectividade ecológica, juntamente com o desenvolvimento de infraestruturas e a expansão agrícola e urbana, são considerados os fatores fundamentais na diminuição da biodiversidade, cujos efeitos indicam a necessidade de se buscar o resgate da conectividade das paisagens fragmentadas (ALANDI *et al.*, 2009).

A conectividade pode ser definida como a propriedade que possibilita o fluxo de matéria, energia e organismos, entre diversos ecossistemas, habitats ou comunidades, sendo dessa forma um aspecto de extrema importância para a conservação de qualquer espécie (ALANDI *et al.*, 2009; RIBEIRO *et al.*, 2011).

A redução das florestas, em consequência da fragmentação, tem prejudicado a dispersão de inúmeras espécies, promovendo o aumento das áreas isoladas e desconectadas em grande escala. Este fato, ameaça a dispersão e permanência de indivíduos que se deparam com habitats com pouca ou nenhuma conectividade, o que restringe a permanência dos mesmos nesses ambientes. Assim, busca-se o aumento da conectividade em áreas fragmentadas, como uma das premissas no planejamento de medidas protecionistas e de manejo das paisagens fragmentadas (PASCUAL-HORTAL & SAURA, 2006; MUCHAILH *et al.*, 2010).

O planejamento e gestão de áreas fragmentadas devem considerar, principalmente, ferramentas que possam traduzir as condições de conectividade dos fragmentos naturais, para assim poder traçar propostas baseadas em dados que apontem as áreas que mais contribuem para a conectividade local, ou as que estão mais ameaçadas, favorecendo a implementação de ações específicas para se obter melhores resultados na preservação da biodiversidade (PASCUAL-HORTAL & SAURA, 2006).

As estimativas de conectividade podem ser relacionadas à conectividade estrutural (configuração e estrutura do ambiente) ou funcional (respostas das espécies à configuração/estrutura do meio), sendo que todos os índices aplicados a áreas fragmentadas devem ser analisados individual ou coletivamente de forma holística, para traduzir com mais clareza os efeitos da fragmentação nos ecossistemas (PEREIRA & NEVES, 2007; ALANDI *et al.*, 2009).

Os índices de conectividade funcional representam uma valiosa fonte de informações sobre áreas fragmentadas por apresentarem elementos que vão além das conexões espaciais da paisagem, demonstrando as probabilidades de ocorrência de fluxos biológicos. Para a execução de ações mais efetivas em restauração de paisagens fragmentadas, pesquisas devem visualizar não apenas os aspectos estruturais, mas traduzir também sua funcionalidade para as espécies que habitam essas áreas (MEDINA & VIEIRA, 2007; METZGER, 2008).

A verificação da conectividade traz respostas relacionadas ao funcionamento da paisagem, principalmente com relação aos processos de dispersão, qualidade e quantidade de habitats e, a provável permanência das espécies nas áreas. Além disso, caso existam financiamentos restritos para as ações de restauração, estes poderão ser direcionados para as áreas cruciais de manutenção da conectividade entre remanescentes florestais e, conseqüentemente, entre organismos (ALANDI *et al.*, 2009; VOGOT *et al.*, 2009).

Na seleção de áreas a serem restauradas, a análise quantitativa pode ser útil para nortear o planejamento numa escala de paisagem quando não se objetiva apenas a restauração de forma pontual, mas, analisar os fragmentos e prováveis áreas a serem restauradas integralmente. A utilização de métricas é uma metodologia relativamente simples, e sem altos custos que possibilita a definição das prioridades para as práticas de conservação (BENEDECK *et al.*, 2011).

Dessa forma, a realização de estudos que apliquem estimativas de conectividade em fragmentos de Mata Atlântica, poderá contribuir para a seleção de estratégias para restauração de paisagens fragmentadas ao indicar em quais áreas são necessários maiores esforços, ou quais apresentam melhores condições e maior importância para o contexto da conectividade nesses ambientes.

Os fragmentos de Mata Atlântica no estado de Sergipe caracteristicamente apresentam-se reduzidos e isolados, com o entorno ocupado em sua maioria pelas pastagens, áreas urbanas, além de pequenas e médias propriedades rurais. O quadro de fragmentação no estado reflete a necessidade de estratégias que promovam o aumento do fluxo gênico entre as espécies e reduzindo os riscos de extinções ao longo do tempo (LANDIM & FONSECA, 2007; SANTOS, 2009).

Dentre as áreas fragmentadas de Mata Atlântica de Sergipe, a bacia hidrográfica do rio Poxim possui fragmentos impactados, não somente pelas monoculturas e pastagens, uma vez que, outras ações como a presença de torres de transmissão elétrica, extração de madeira e de areia, desmatamento da vegetação ciliar, e a deposição de lixo doméstico, contribuem também para a intensificação da fragmentação dessa área (COSTA, 2011 e FERREIRA *et al.*, 2011).

Diante da problemática ambiental da bacia hidrográfica do rio Poxim, medidas conservacionistas e a restauração de áreas degradadas são fundamentais, assim a aplicação de técnicas de análise da paisagem podem trazer maiores informações sobre os remanescentes locais servindo de base para ações posteriores de gestão ambiental dessa unidade de planejamento.

Dessa forma, o presente trabalho foi realizado com o objetivo de aplicar índices de conectividade nos fragmentos florestais da bacia do rio Poxim, como estratégia na seleção de áreas prioritárias para a restauração, tendo como princípio o resgate da conectividade.

2.0 Materiais e métodos

2.1 Área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Poxim é formada pelos rios: Poxim-Mirim, Poxim-Açu e Pitanga. Possui uma extensão de 397,95 km², e está localizada sob as coordenadas 10°55' e 10°45' de latitude Sul, e 37°05' e 37°22' de longitude Oeste (Figura 1). Abrange 6 municípios que variam em relação a área de abrangência na bacia: Aracaju (15,60%), Areia Branca (2,73%), Itaporanga D'Ajuda (7,44%), Laranjeiras (1,59%), Nossa Senhora do Socorro (13,48%) e São Cristóvão (59,16%). Predomina na região o bioma Mata Atlântica, diversificando-se em vegetação de restinga, manguezais e fragmentos de floresta tropical úmida (BRASIL, 2001; AGUIAR NETO, 2006).

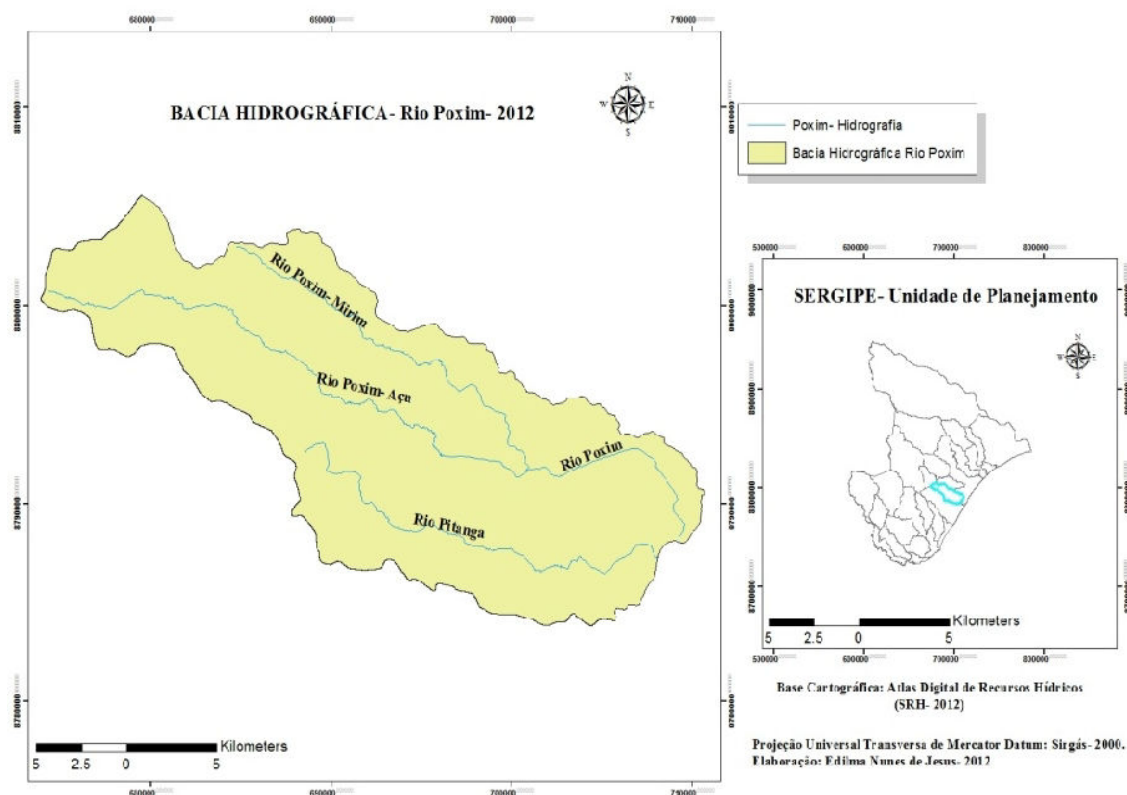


Figura 1. Bacia hidrográfica do rio Poxim- SE com os rios principais: Poxim, Poxim-Açu, Poxim-Mirim e Pitanga.

O clima da região é do tipo tropical úmido, apresentando elevada seca no verão, segundo a classificação climática de Köppen. As temperaturas que predominam atingem as médias de 23°C nos meses mais frios e 31°C nos meses mais quentes. O índice pluviométrico atinge seus maiores valores na faixa litorânea 1.900 mm, na parte média 1.800 mm e 1.600 mm na parte superior, com a concentração de meses chuvosos no período de janeiro a março (SILVA, 2001; SOARES, 2001).

A bacia hidrográfica apresenta formato alongado de oeste a leste, drena uma superfície de 3.670 km², limitando-se ao sul pela bacia hidrográfica do rio Vaza-Barris, e ao norte pelo rio Sergipe. Do ponto de vista geológico, a região pertence ao grupo Barreiras, cujo relevo é formado por colinas com cristas e topos arredondados, com interflúvios tabulares e estruturas homogêneas, devido à presença de rochas sedimentares. Predominam na bacia do Poxim os solos do tipo vertissolos, além de latossolos, argissolos, espodossolos, plintossolos, gleissolos e nos ambientes estuarinos os solos indiscriminados de mangue (AGUIAR NETTO, 2006; SERGIPE, 2004).

2.2 Análise da Conectividade

Para avaliar a conectividade funcional dos fragmentos florestais da bacia hidrográfica do rio Poxim, foi utilizado o programa Arcgis 9.3 para o processamento dos dados, juntamente com a extensão gratuita do programa Conefor Sensinode 2.2 (SAURA & HORTAL, 2007), cujas entradas e saídas são no formato ASCII o que permite sua utilização neste programa. O Conefor Sensinode 2.2 é baseado na teoria dos grafos que avalia a paisagem como um conjunto, onde seus elementos denominados “nós” podem estar ou não conectados funcionalmente, de acordo com um limiar (distância) pré-estabelecido. O programa pode considerar como “nós” atributos como áreas de florestas, qualidade de hábitat, ou os dois atributos ao mesmo tempo (PASCUAL-HORTAL & SAURA, 2006; PASCUAL-HORTAL *et al.*, 2008).

Com a aplicação deste programa, é possível quantificar a importância da conectividade em cada fragmento da paisagem. Este tipo de análise é bastante utilizada em áreas de grandes extensões, justamente por poder abranger um grande número de nós na paisagem. Além disso, a avaliação quantitativa da paisagem caracteriza a complexa rede de conexões do meio, quantificando o grau de conectividade da paisagem como um todo, bem como a importância de cada nó dentro da mesma (PASCUAL-HORTAL & SAURA, 2006; PASCUAL-HORTAL *et al.*, 2008).

No programa Conefor Sensinode 2.2 podem ser encontrados vários índices, e para este estudo foram selecionados os índices PC e IIC. O PC (Probabilidade de Conectividade) é um índice probabilístico que indica a probabilidade de organismos que estejam localizados em qualquer fragmento possam dispersar dentro da paisagem. Calcula a probabilidade de dispersão com base na distância entre os nós, onde a probabilidade máxima será a que obter o caminho mais curto entre os nós; PC varia de 0 a 1 e aumenta quando a conectividade é melhorada (Figura 2). É calculado pela fórmula:

$$PC = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_i * a_j * p_{ij}}{A_L^2}$$

Onde:

n: número total de nós na paisagem;

p_{ij}: probabilidade de movimentação entre o nó i e j;

a_i: atributo do nó i;

O IIC (Índice Integral de Conectividade) é um índice binário que descreve o grau de conectividade da paisagem e também de cada fragmento. Avalia a conectividade funcional para fluxos biológicos selecionados, com base em um raio de dispersão pré-estabelecido (Figura 2). Assim como o PC, este varia de 0 a 1, aumentando a partir de melhores condições de conectividade.

Onde:

$$IIC = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{a_i * a_j}{1 + nl_{ij}}}{A_L^2}$$

n: número total de nós na paisagem;

ai: atributo do nó i;

aj: atributo do nó j;

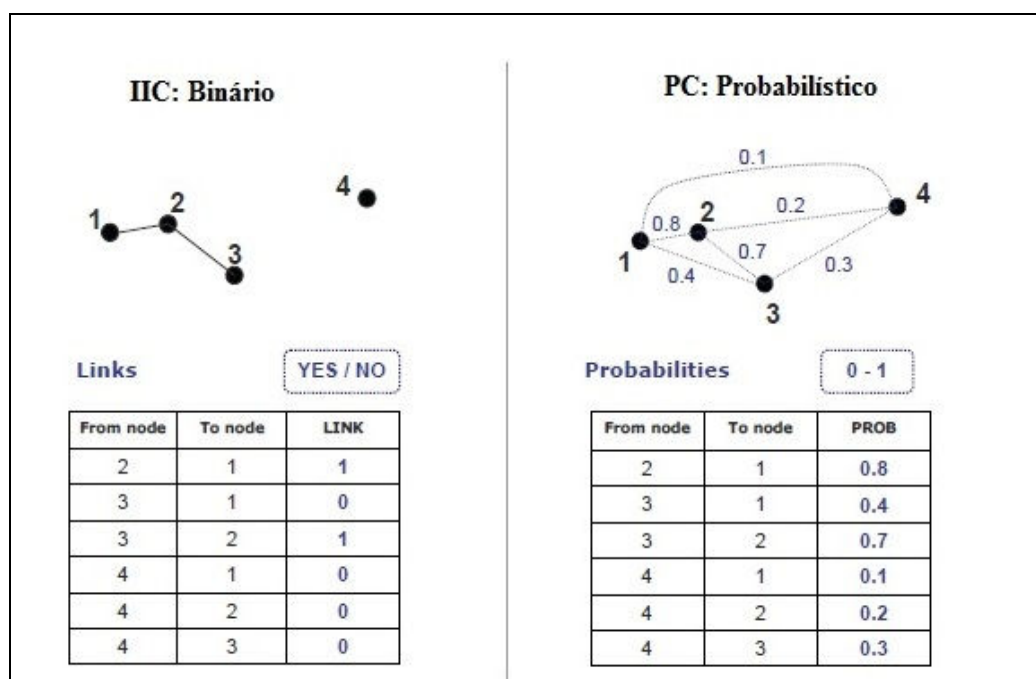


Figura 2. Esquema de como são calculados os índices (IIC e PC) a partir do raio de 500 metros estabelecido. Adaptada de Saura e Hortal, 2007.

Na aplicação dos índices foram selecionados arquivos no formato vetorial formados pelos polígonos que representavam os fragmentos florestais da bacia hidrográfica do rio Poxim, abrangendo as tipologias florestais de: mata ciliar, floresta estacional semidecidual e floresta ombrófila densa, cuja classificação foi publicada pela Superintendência de Recursos Hídricos do Estado de Sergipe no ano de 2011 no Atlas digital do Estado (SERGIPE, 2012). As categorias foram selecionadas pelo critério de abranger tanto as áreas de APP (matas ciliares), quanto as formações de vegetação nativa, ambas presentes na área de estudo, que por sua vez, são as formações vegetacionais que compõem os fragmentos florestais. Para este

trabalho, foram consideradas vegetações ciliares as formações presentes em todos os tipos de vegetação presente à beira de rios, córregos e nascentes. Ecologicamente, representam a vegetação às margens de cursos d'água, independente de área, região de ocorrência ou mesmo composição florística (AB'SABER, 2001).

Todas as informações foram concebidas com base em aerofotografias do ano de 2004 (SERGIPE, 2004). Após a elaboração do arquivo de fragmentos florestais foi feita a reambulação dos dados com a checagem em campo, alocando-se 50 pontos em toda a bacia hidrográfica do rio Poxim com um GPS Garmim, para confirmar a presença dos fragmentos e identificar possíveis alterações na paisagem.

Na avaliação da conectividade, a escolha dos índices aplicados, justifica-se pelo fato de serem apontados como os que melhor traduzem as condições de conectividade funcional, evitando-se dessa forma outros índices que poderiam apresentar redundâncias nas informações geradas (BARANYI *et al.*, 2011).

Para este trabalho, não foi determinada uma espécie focal e seu deslocamento. Para os cálculos dos índices (IIC/PC), estabeleceu-se um raio de 500 metros na avaliação da dispersão e conectividade funcional, com base nos valores que são estabelecidos para o fluxo gênico de espécies arbóreas das florestas tropicais, que segundo Levin e Kerster (1974) *apud* Arruda (2003), esse processo é mais frequente em distâncias moderadas em média de 0,5 a 1 quilômetro, podendo chegar até 2 a 3 quilômetros. Dessa forma, um limiar de 500 metros está dentro dos padrões apontados pelos estudos de florestas tropicais.

Outro fator para o estabelecimento do raio de 500 metros foi a análise de dados realizada a partir de levantamentos florísticos/fitossociológicos (SANTOS, 2006; FERREIRA *et al.*, 2011) e faunístico (CARVALHO & VILAR, 2005), realizados na região, que listaram espécies da flora e fauna. Com base nessas informações, pesquisou-se espécies da flora e da fauna regionais e suas interações nos processos de dispersão e frugivoria, para dessa forma considerar um valor de deslocamento característico das espécies de fauna que ocorrem na região, e que também realizam interação com a flora local (Tabelas 1 e 2).

Assim, o estabelecimento de um limiar de 500 metros considera qualquer fluxo biológico (pólen, sementes, animais etc.) que tenha capacidade de dispersão para esta distância e, como observado, contempla várias espécies da fauna e flora locais.

Tabela 1. Fauna e flora de estudos realizados alguns especificamente na bacia hidrográfica do rio Poxim e outros no estado de Sergipe, associadas aos processos de frugivoria e/ou dispersão das espécies, de acordo com levantamento bibliográfico.

Dispersores	Flora associada	Fonte
<i>Artibeus lituratus</i> Gray (Morcego)	<i>Cecropia pachystachya</i> Trec. <i>Ficus</i> sp. <i>Psidium</i> sp.	(ROSA, 2004); (PINTO & FILHO, 2006)
<i>Callicebus</i> sp. (Macaco-guigó)	<i>Andira fraxinifolia</i> Benth. <i>Cecropia pachystachya</i> Trec. <i>Eschweilera ovata</i> (Cambess) Miers <i>Eugenia</i> sp. <i>Inga</i> sp. <i>Tibouchina</i> sp.	(VILELA <i>et al.</i> , 2009); (SANTOS, 2008); (CHAGAS, 2009).
<i>Callithrix jacchus</i> Erxleben (Sagui-de-tufo-branco)	<i>Anacardium occidentale</i> L. <i>Tapirira guianensis</i> Aublet.	(CHAGAS, 2009); (REWORÊDO <i>et al.</i> , 2007).
<i>Carollia perspicillata</i> L. (Morcego)	<i>Cecropia pachystachya</i> Trec. <i>Ficus</i> sp.	(ROSA, 2004); (PINTO & FILHO, 2006)
<i>Cebus xanthosternus</i> Wied-Neuwied (Macaco-prego-do-peito-amarelo)	<i>Eschweilera ovata</i> (Cambess) Miers <i>Inga</i> sp. <i>Ficus</i> sp. <i>Eugenia</i> sp. <i>Guapira</i> sp.	(VILELA <i>et al.</i> , 2009); (GOUVEIA, 2009).
<i>Didelphis albiventris</i> Lund. (Gambá de orelha-branca)	<i>Ficus</i> sp. <i>Psidium</i> sp.	(LEIVA, 2010).
<i>Sturnira lilium</i> (Morcego) E. Geoffroy	<i>Cecropia pachystachya</i> Trec. <i>Ficus</i> sp. <i>Psidium</i> sp.	(ROSA, 2004); (PINTO & ORTÊNCIO-FILHO, 2006)

Tabela 2. Espécies da fauna de dispersores e/ou frugívoros de estudos realizados em Sergipe e respectivos raios de deslocamento de acordo com levantamento bibliográfico.

Dispersores	Raio (m)	Fonte
<i>Artibeus lituratus</i> Gray	34290	(MENEZES JR <i>et al.</i> , 2008)
<i>Callicebus</i> sp.	974	(SANTOS, 2008)
<i>Callithrix jacchus</i> Erxleben	10000	(COLOMBO, 2009)
<i>Carollia perspicillata</i> L.	1700	(BIANCONI, 2009)
<i>Cebus xanthosternos</i> Wied-Neuwied	3606	(GOUVEIA, 2009)
<i>Didelphis albiventris</i> Lund	1498	(MESQUITA, 2009)
<i>Sturnira lilium</i> E. Geoffroy	4900	(OLIVEIRA, 2008)

3.0 Resultados e discussão

Identificou-se 140 fragmentos florestais (nós) de extensões variadas entre 0,005 ha até 2.574, 078 ha distribuídos na área de estudo. Nessa análise, todos os fragmentos foram incluídos, justamente pelo fato dos fragmentos menores e conectados possibilitarem a formação de “trampolins ecológicos”, que podem ter grande importância para a melhoria da conectividade da paisagem. As pequenas manchas florestais podem contribuir na dispersão de várias espécies, facilitando o processo de restauração, à medida que os processos naturais (fluxos biológicos, presença de regenerantes naturais etc.) são restabelecidos, como demonstrado por Arana e Almirante (2007); Kageyama *et al.* (2008); Develey e Pongiluppi (2010); Reis *et al.* (2010) e SMA (2011).

Com a aplicação dos índices, observou-se que a Probabilidade de Conectividade (PC) para toda a paisagem foi 0,03 e a Conectividade Integral (IIC) 0,02, considerando-se um limiar de 500 metros de dispersão, atingindo assim valores extremamente baixos. O cálculo do PC indica que existe uma probabilidade de somente 30% que as espécies possam se encontrar na paisagem em estudo e o IIC que a paisagem apresenta apenas 20% de conectividade funcional para o limiar avaliado.

Semelhante a este resultado, Chassot *et al.* (2011) analisando o grau de conectividade em florestas tropicais no norte do Caribe (500 metros de limiar para dispersão), encontram apenas 0,14 para PC e 0,03 de IIC num contexto de 3.827 nós. De acordo com Neel (2008), ao se incluir todos os fragmentos da paisagem neste tipo de análise, pode ocorrer que os valores dos índices IIC e PC sejam baixos. Isso acontece, geralmente, em virtude da presença de manchas de tamanhos variados (muito extensas ou muito pequenas na mesma área). No entanto, esse fato, não inviabiliza o enfoque principal dos resultados, de poder interpretar a partir destes índices a importância relativa dos fragmentos-chave para a conectividade da paisagem e aqueles em condições mais críticas.

Assim, a partir do cálculo do IIC, foi possível identificar os fragmentos de maior importância na paisagem da bacia hidrográfica do rio Poxim, através dos valores do grau de conectividade funcional. Os fragmentos foram classificados numa escala de baixa, média e alta importância de acordo com a metodologia proposta por Garcia *et al.* (2009), e podem ser melhor visualizados na Figura 2.

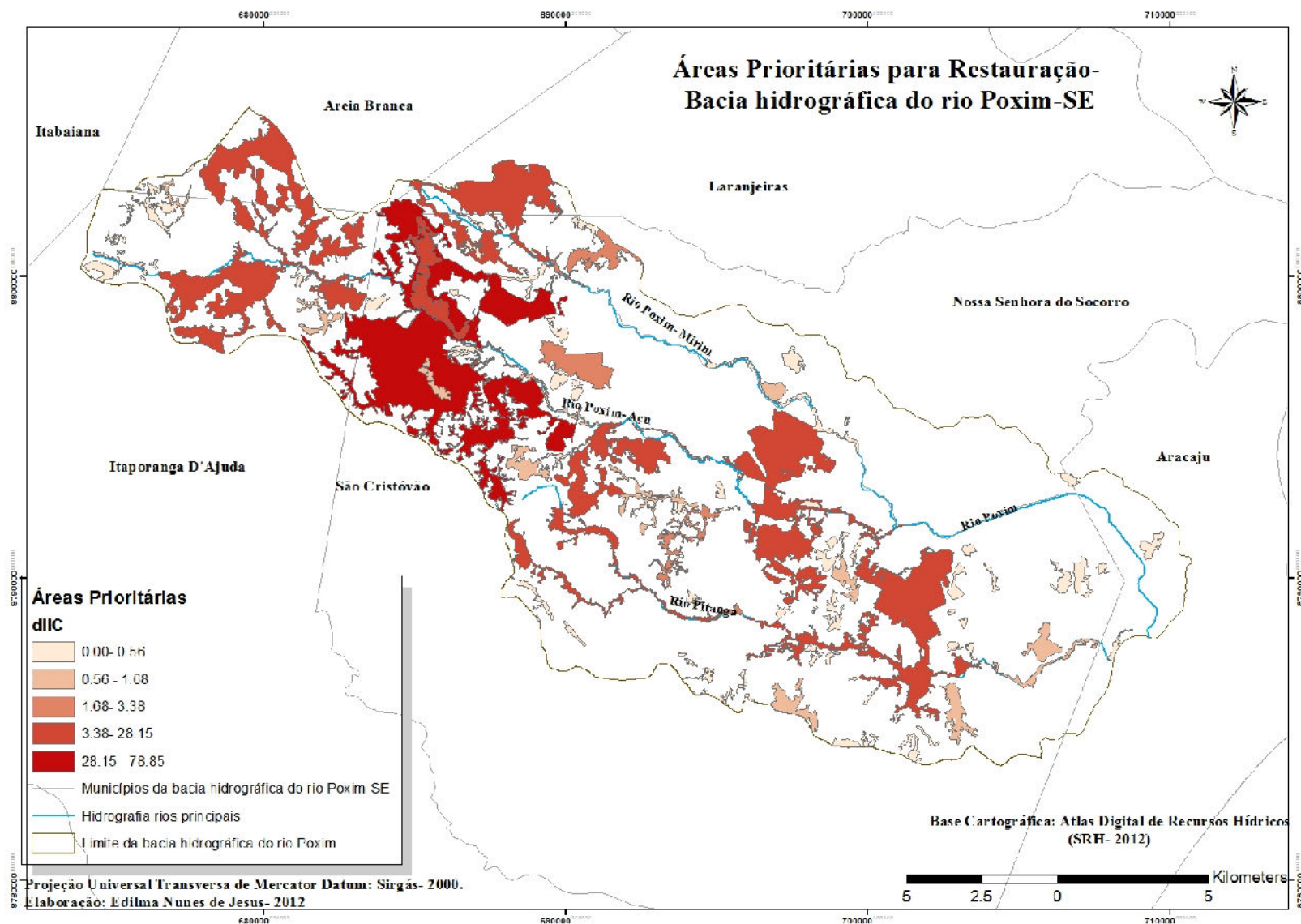


Figura 3. Índice de Conectividade Integral (IIC) dos fragmentos florestais da Bacia hidrográfica do rio Poxim-SE.

Dos 140 fragmentos estudados, 132 (94%) foram classificados como de baixa conectividade; 7 (5%) foram classificados como de média conectividade; e apenas 1 fragmento (0,7%) foi classificado como de conectividade alta (Figura 3). Para os fragmentos de baixa conectividade os valores de IIC variaram de 0 a 3,610; média conectividade de 3,610 a 19,060 e alta conectividade de 19,060 a 71,040.

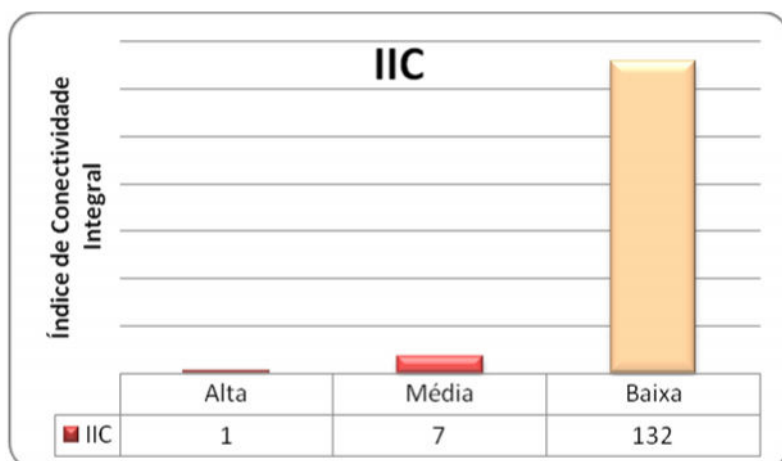


Figura 4. Índice de conectividade Integral (IIC) aplicado na área de estudo, classificando o grau de conectividade como alta, baixa e média para todos os fragmentos florestais.

Ao analisar a localização dos fragmentos classificados de acordo com o grau de conectividade, foi percebido que com relação aos fragmentos de baixa conectividade, encontraram-se valores extremamente baixos. Os índices obtidos foram iguais ou próximos de 0, em fragmentos localizados em Nossa Senhora do Socorro, São Cristóvão e Aracaju, indicando áreas que se destacam entre as que estão em condições mais precárias. Portanto, podem ser considerados locais onde é prioritária a implantação de ações de restauração. Estas áreas prioritárias para as medidas de restauração distribuem-se em algumas regiões do alto curso (Itaporanga D'Ajuda) e no baixo curso principalmente nas proximidades das áreas mais urbanizadas (São Cristóvão e Aracaju).

O nó (fragmento) mais importante da área em estudo obteve PC de 0,77 e IIC de 0,71. Este fragmento abrange 4 municípios em toda bacia hidrográfica (Areia Branca, Laranjeiras, Nossa Senhora do Socorro e São Cristóvão), fornecendo várias ligações para a vegetação na área. Além disso, as áreas de alta e média conectividade localizam-se desde o alto curso dos rios principais (Poxim, Poxim-Mirim e Poxim-Açu), abrangendo inclusive parte da Unidade de Conservação (Parque Nacional Serra de Itabaiana) nos municípios de Areia Branca e Laranjeiras até as áreas do médio curso em sua maioria no município de São Cristóvão.

Outro aspecto que deve ser considerado em planejamentos futuros para seleção de áreas na bacia hidrográfica do rio Poxim para a restauração é aliar as condições de conectividade, principalmente, em áreas onde ocorreram maiores valores de IIC, associadas aos cursos d'água e, verificar a viabilidade de propostas de corredores ecológicos. As condições de conectividade podem ainda possibilitar que sejam testadas outras técnicas de restauração que utilizem a proximidade entre os fragmentos como prática (manejo da regeneração natural, transposição de chuva de sementes, galharia, etc.) que podem reduzir custos a ampliar as práticas de restauração nessa região.

Ao comparar os mapas dos índices calculados (PC/IIC) com o de uso do solo e as informações observadas em campo, verificou-se que o fragmento de maior conectividade apresenta no seu entorno áreas de pastagens. Já os fragmentos com valores baixos são circundados por áreas de cultivo agrícola (em sua maioria monocultivo de cana-de açúcar e/ou eucalipto) e trechos classificados como áreas degradadas, o que possivelmente pode relacionar-se com os valores do encontrados (Figura 4).

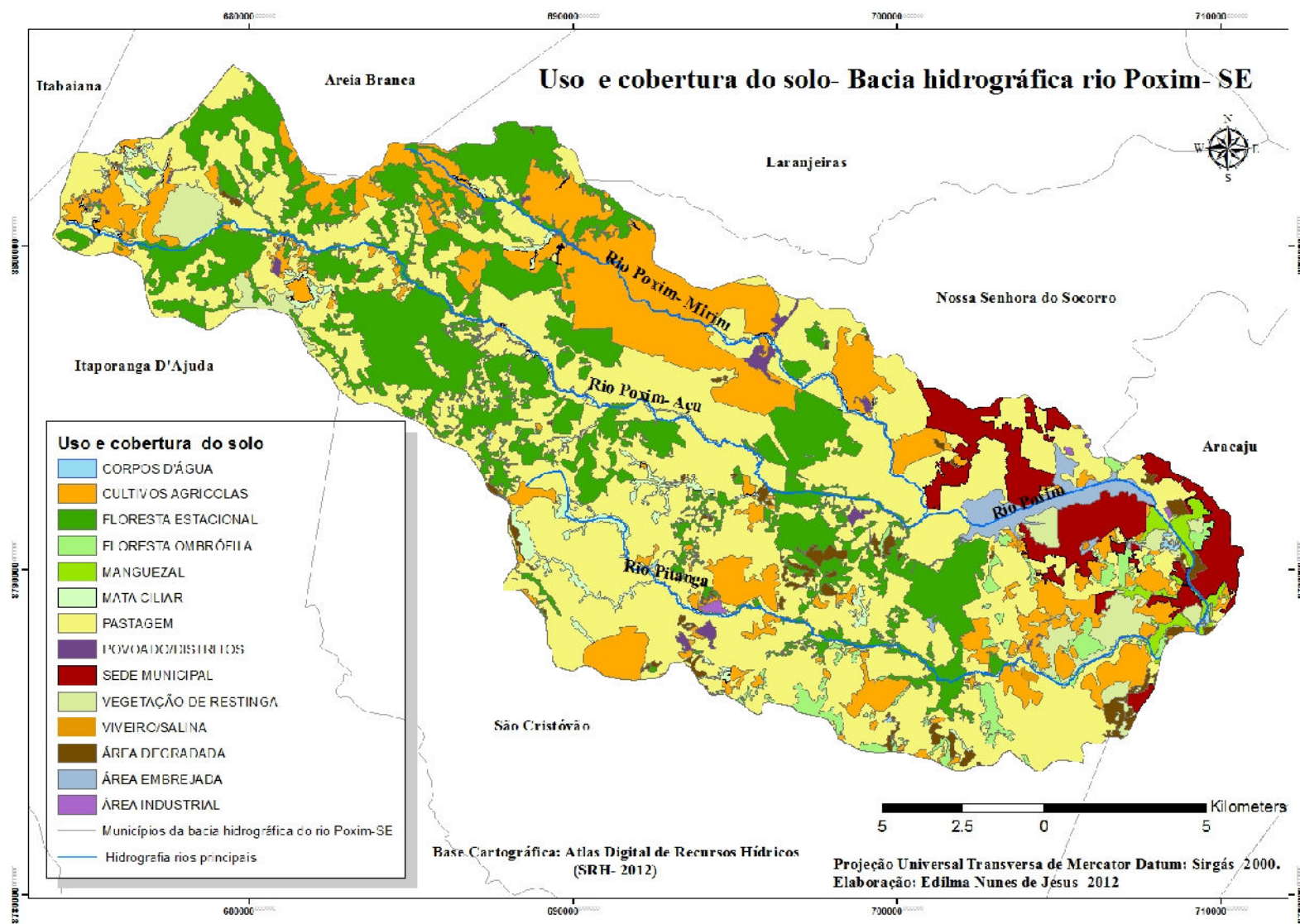


Figura 5. Uso do solo na bacia hidrográfica do rio Poxim-SE.

García *et al.* (2009), ao aplicarem os índices IIC e PC avaliando o grau de conectividade em áreas protegidas, obtiveram em seus resultados para as áreas consideradas críticas/prioritárias para a conservação, fragmentos cujo o entorno apresentava no uso do solo atividades agrícolas, obras de infraestrutura e assentamentos humanos, que contribuíram diretamente nos valores baixos de IIC.

As atividades de uso do solo no entorno dos fragmentos se configuram em um aspecto que pode influenciar as ações de RAD que sejam realizadas na área de estudo. Esse fato se exemplifica em trechos cuja matriz do entorno seja pouco permeável (cana-de-açúcar) ou de uso de solo intensivo (área degradada). Nestes casos, especificamente as condições de regeneração natural são comprometidas, sendo necessários outros mecanismos nas práticas de RAD como a regeneração artificial, mesmo que isso acarrete em maiores custos do projeto.

Ao comparar o tamanho das áreas e valores de PC e IIC, foi possível identificar fragmentos pequenos que apresentaram tanto o PC, quanto o IIC mais altos do que manchas maiores. Esse fato reflete a presença de áreas que podem ser consideradas trampolins ecológicos e que podem ser importantes na manutenção da conectividade dos fragmentos na bacia hidrográfica do Poxim (Tabela 3).

Tabela3. Fragmentos florestais da bacia hidrográfica do rio Poxim- SE que apresentam pequena extensão em hectares e maiores valores para PC e IIC (%) quando comparados com áreas mais extensas.

Fragmento	Área (ha)	PC	IIC
17	<u>1.01539</u>	<u>0.02646</u>	<u>0.01821</u>
30	1.71438	0.02422	0.02410
10	2.73718	0.06326	0.03353
1	4.14631	0.00007	0.00005
88	9.55102	0.00141	0.00208
97	<u>31.84936</u>	<u>0.00189</u>	<u>0.00299</u>

O fragmento 17 localizado no município de São Cristóvão, de pequena extensão apresentou valores altos de PC e IIC, quando comparado com fragmentos bem mais extensos como, por exemplo, o fragmento 97 localizado em Aracaju (Figura 5). Este fato demonstra a relação entre a proximidade com áreas urbanizadas (Aracaju) e a perda de conectividade dos fragmentos, quando comparados com áreas de ambientes rurais (São Cristóvão). Resultados semelhantes foram encontrados por Pascual- Hortal e Saura (2006) ao estudarem florestas em áreas públicas no norte da Espanha e sua importância para a preservação de aves locais. De

acordo com estes autores, a área apresentou manchas que apesar de representarem pequenas extensões de hábitat, foram classificadas como importantes para a conectividade da paisagem, de acordo com os índices PC e IIC investigados.

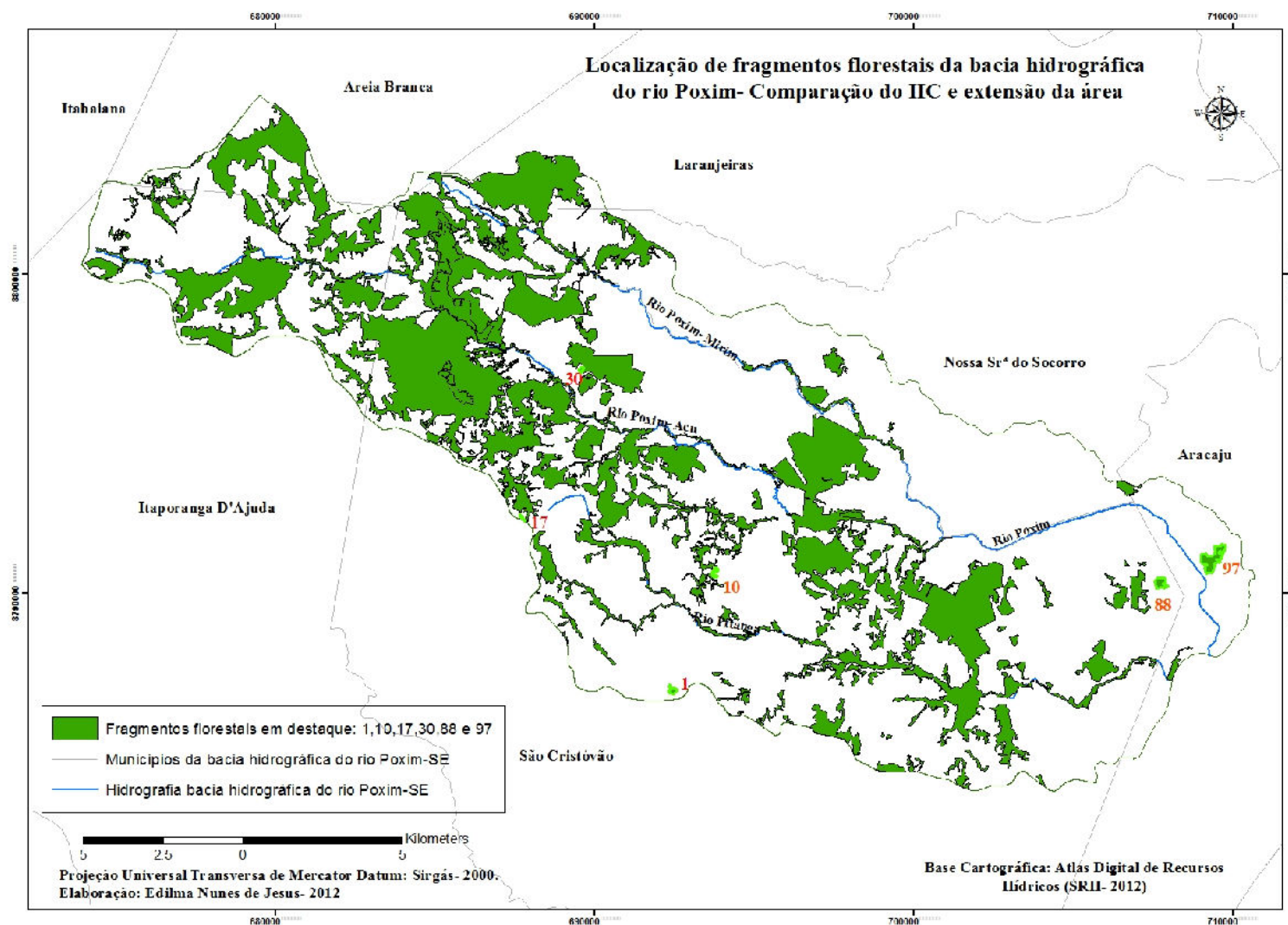


Figura 6. Localização dos fragmentos florestais (1,10,17,30,88 e 97) da Bacia hidrográfica do rio Poxim que apresentam pequena extensão em hectares e valores maiores para PC e IIC (%), quando comparados com áreas de maior extensão e valores menores para PC e IIC.

Uezu *et al.* (2008), ao avaliarem o potencial de trampolins ecológicos para espécies de aves de Mata atlântica, comparando agroecossistemas e pequenos remanescentes de matas ciliares e floresta nativa, concluíram que pequenas manchas de floresta nativa são utilizadas pelas espécies como hábitat secundário para forrageio e descanso, por isso, podem ser mais eficazes na dispersão de aves, possibilitando um aumento da conectividade.

Corroborando com o resultado do presente trabalho, Rúbio e Saura (2012) ao investigarem a relação entre a importância dos fragmentos na paisagem e a disponibilidade de hábitat, observaram que mesmo quando o fragmento é pequeno, ele poderá exercer uma relevante contribuição para a conectividade da paisagem, desde que esteja conectado a fragmentos maiores que possibilitem a obtenção de recursos pelas espécies. Além disso, os autores apontaram que a distância de dispersão, o grau de fragmentação do hábitat e a conectividade são os aspectos que unidos resultarão, por sua vez, nos fatores que mais influenciam a presença de espécies em fragmentos menores.

Em várias regiões do Brasil, a presença de pequenos fragmentos na paisagem é uma das poucas formas de conservação ou refúgio da biodiversidade. Nos pequenos fragmentos florestais os efeitos da fragmentação são mais intensos, assim como são áreas mais susceptíveis à degradação. Entretanto, existem circunstâncias em que essas áreas abrangem a heterogeneidade ambiental restante. Além disso, as pequenas manchas de remanescentes podem ser consideradas como expansão das áreas maiores, tanto para a dispersão, quanto para abrigo de espécies que não utilizam grandes territórios (NOGUEIRA-NETO, 2003; BERGHER, 2008; MACHADO *et al.*, 2008). Dessa forma, estratégias de restauração incluindo estas áreas poderão contribuir para a melhoria de fluxo biológico em paisagens fragmentadas.

Assim, a aplicação de índices de conectividade (PC e IIC) na bacia hidrográfica do rio Poxim- SE, aponta para vários trechos onde as atividades de RAD poderão ser planejadas para um número significativo de áreas de baixas condições de conectividade e ainda, para poucas áreas com maior extensão e conectividade mais alta, e fragmentos menores mais com maiores possibilidades de melhorar a rede de conectividade local.

4.0 Conclusão

É possível observar que a aplicação dos índices de conectividade para avaliar e selecionar manchas na paisagem apresenta uma abordagem extremamente válida, principalmente, quando se tratam de áreas extensas em que a gestão e planejamento ambiental devem visualizar a aplicação de práticas de restauração de forma integrada, não apenas como ações isoladas na paisagem;

As métricas calculadas podem também subsidiar estratégias para a implantação de corredores ecológicos que visem favorecer a ligação entre as áreas e reduzir os efeitos da fragmentação;

Identificou-se que a maior parte dos fragmentos florestais da bacia hidrográfica do rio Poxim encontra-se em condições críticas com relação à conectividade, sendo considerados como áreas prioritárias para a aplicação e intensificação de trabalhos de restauração de áreas degradadas;

A baixa conectividade da paisagem da bacia hidrográfica do rio Poxim pode estar relacionada com as práticas agrícolas de monocultivos intensivos, bem como a presença de vários trechos degradados ao longo da bacia;

Entre as áreas de maior conectividade verificou-se a importância não somente de áreas de grandes extensões, mas fragmentos pequenos e com boas condições de conectividade, o que os classifica como áreas que também devem ser preservadas e conservadas para a manutenção da conectividade.

5.0 Referências

- AGUIAR NETTO, A. O. Descrição geral da sub-bacia hidrográfica do rio Poxim. In: ALVES, J. P. H.; GARCIA, C. A. B.; AGUIAR NETTO, A. O.; FERREIRA, R. A. (Coords.) Diagnóstico e avaliação da sub-bacia Hidrográfica do rio Poxim. **Relatório de Pesquisa**. Sergipe: EDUFS/FAPESE, p. 11-28, 2006. 245p.
- ALANDI, C. M.; LA GUERRA, M. M.; PUIG, C. C.; FERNANDÉZ, J. V. L. **Conectividad ecológica y áreas protegidas: Herramientas y casos prácticos**. Madrid: FUNGOBE, 2009.86p.
- ARANA, A. R.; ALMIRANTE, M. F. Importância do corredor ecológico: um estudo sobre parque estadual “Morro do Diabo” em Teodoro Sampaio-SP. São Paulo: **Geografia**, v.16. n.1. p.143-168, 2007.
- ARRUDA, L. R. **Diversidade genética e sistema de cruzamento em populações naturais de duas espécies pioneiras arbóreas**. Tese: Doutorado em Genética e melhoramento de plantas: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz- ESALQ/USP. Piracicaba 2003. 102p.
- BARANYI, G. B.; SAURA, S.; PODANI, J. Contribution of habitat patches to network connectivity: redundancy and uniqueness of topological indices. **Ecological Indicators**, v. 11. n.5. p. 1301-1310. 2011. .
- BENEDEK, Z.; NAGY, A.; RÁCZ, I. A.; JÓRDAN, F.; VARGA, Z. Landscape metrics as indicators: Quantifying habitat network changes of a bush-chicket *Pholidoptera transsylvanica* in Hungary. **Ecological Indicators**, v. 11.n.3. p.930-933. 2011.
- BERGHER, I. S. **Estratégias para edificação de micro-corredores ecológicos entre fragmentos de Mata atlântica no Sul do Espírito Santo**. Dissertação: Mestrado em Produção Vegetal. Universidade Federal do Espírito Santo- UFES. Espírito Santo: ES, 2008. 111p.
- BIANCONI, G. V. **Morcegos frugívoros no uso do hábitat fragmentado e seu potencial para recuperação de áreas degradadas: subsídios para uma nova ferramenta voltada à conservação**. Tese: Doutorado em Ciências Biológicas. Universidade Estadual Paulista-UNESP. Rio Claro: SP. 2009. 113p.
- BRASIL/Agência Nacional das Águas. **A gestão dos recursos hídricos no estado de Sergipe**. Série: Sistema Nacional de Informações sobre recursos hídricos. CD N° 1, versão preliminar 2001.

CARVALHO, C. M. C.; VILAR, J. C. **Parque Nacional Serra de Itabaiana: levantamento da biota**. São Cristóvão: Universidade federal de Sergipe- UFS. Ibama, 2005. 124p.

CHAGAS, R. R. D. **Levantamento das populações de *Callicebus coimbrai* Kobayashi & Langguth, 1999 em fragmentos de Mata Atlântica no Sul do estado de Sergipe, Brasil**. Dissertação: Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Universidade Federal de Sergipe- UFS. São Cristóvão-SE. 2009. 79p.

CHASSOT, O.; FINEGAN, B.; ARIAS-MONGE, G. Red de conectividad ecológica en el Caribe Norte de Costa Rica. **Revista Latinoamericana de Conservación**, v. 2. n.1. p.60-70. 2011.

COLOMBO, A. R. **Uso de rotas na área de uso e a relação com o comportamento alimentar de *Callithrix jacchus***. Dissertação: Mestrado em Psicobiologia. Universidade Federal do Rio Grande do Norte-UFRN. Natal: RN. 2009. 50p.

COSTA, C. C. **Estratégias para proteção dos fragmentos florestais na Sub-Bacia do Rio Poxim-SE**. Dissertação: Mestrado em Agroecossistemas. Universidade Federal de Sergipe. São Crsitóvão, 2011. 106p.

DEVELEY, P. F.; PONGILUPPI, T. Impactos potenciais na avifauna decorrentes das alterações propostas para o Código Florestal Brasileiro. **Biota Neotropica**, v. 10. n. 4. p. 43-45, 2010.

FERREIRA, R. A.; AGUIAR NETTO, A. O.; SANTOS, T. I. S.; SANTOS, B. L.; MATOS, E. L. Nascentes da sub-bacia hidrográfica do rio Poxim, estado de Sergipe: da degradação à restauração. **Revista Árvore**, v.35. n.2. p.265-277. 2011.

GANEM, R. S. **Corredores Ecológicos**. Biblioteca Digital da Câmara dos Deputados. Centro de Documentação e Informação. Coordenação da Biblioteca. Brasília- DF. 16 p. 2005.
Disponível em: http://bd.camara.gov.br/bd/bitstream/handle/bdcamara/1263/corredores_ecologicos_senna.pdf?sequence=1. Acesso em: 30/07/2012.

GARCÍA, R. V.; TODA, S. S. M. ; PÉREZ, A. L. S. La conectividade de las áreas protegidas del estado de Jalisco com otros ambientes naturales. **Scientia-Cucba**, v. 11. n.1. p. 43-50. 2009.

GOUVEIA, P. S. **Padrão de atividades, dieta e uso do espaço de um grupo de *Cebus xanthosternos* (Wied-Neuwied, 1820) (Primates, Cebidae), na reserva biológica de Uma, Bahia, Brasil**. Dissertação: Mestrado em Zoologia. Universidade Estadual de Santa Cruz-UESC. Ilhéus-BA. 2009. 147p.

KAGEYAMA, P. Y.; GANDARA, F. B.; OLIVEIRA, R. E. **Biodiversidade e restauração da floresta tropical**. In: KAGEYAMA, P. Y.; OLIVEIRA, R. E.; MORAES, L. F.; ENGEL, V. L.; GANDARA, F. B. Restauração ecológica de ecossistemas naturais. Botucatu: FEPAF, 1.ed.,2008. p.29-48.

LANDIM, M. F.; FONSECA, E. L. A Mata Atlântica de Sergipe: diversidade florística, fragmentação e perspectivas de conservação. In: VIII Congresso de Ecologia do Brasil, 23 a 28 de Setembro de 2007, Caxambu – MG. **Anais...Caxambu**, 2007. p. 1-3.

LEIVA, M. **Frugivoria e germinação de sementes após passagem pelo sistema digestivo de marsupiais em floresta estacional semidecidual**. Dissertação: Mestrado em Botânica. Universidade Estadual Paulista-UNESP. Botucatu: SP. 2010. 53p.

MACHADO, E. L. M.; OLIVEIRA-FILHO, A. T.; VAN DEN BERG, E.; CARVALHO, W. A. C.; SOUZA, J. S.; MARQUES, J. G. S. M.; CALEGÁRIO, N. Efeitos do substrato, bordas e proximidade espacial na estrutura da comunidade arbórea de um fragmento florestal em Lavras, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, v.31, n.2, p.287-302, 2008.

MEDINA, G. F.; VIEIRA, M. V. Conectividade funcional e a importância da relação: organismo-paisagem. **Oecologia Brasiliensis**, v. 11. n.4. p. 493-502, 2007.

MENEZES JÚNIOR, L. F; DUARTE, A. C; NOVAES, R. L; FAÇANHA, A. C; PERACHCHI, A. L; COSTA, L. M; FERNANDES, A. F. D; ESBÉRARD, C. E. Deslocamento de *Artibeus lituratus* (Olfers, 1818) (Mammalia, Chiroptera) entre ilha e continente no Estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Biota Neotrópica**, v.8. n.2. p.243-245, 2008.

MESQUITA, A. O. **Comunidades de pequenos mamíferos em fragmentos florestais conectados por corredores de vegetação no sul de Minas Gerais**. Dissertação: Mestrado em Ecologia Aplicada. Universidade Federal de Lavras- UFLA. Lavras: MG. 2009. 123p.

METZGER, J. P. Como restaurar a conectividade em paisagens fragmentadas? In: KAGEYAMA, P. Y.; OLIVEIRA, R. E.; MORAES, L. F.; ENGEL, V. L.; GANDARA, F. B. **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu: FEPAF, 1.ed., 2008. p.307-330.

MUCHAILH, M. C.; RODERJAN, C. V. CAMPOS, J. B. Metodologia de planejamento de paisagens fragmentadas visando a formação de corredores ecológicos. **Floresta**, v. 40, n.1. p.147-162, 2010.

NEEL, M. C. Patch connectivity and genetic diversity conservation in the federally endangered and narrowly endemic plant species *Astragalus albens* (Fabaceae). **Biological Conservation**, v.1. n.41. p.938-955, 2008.

NOGUEIRA-NETO, P. A importância dos pequenos fragmentos florestais. **Florestar Estatístico**. v.6. n.14. p. 7-9, 2003.

OLIVEIRA, H. F. M. **Assembléias de morcegos (Mammalia: Chiroptera) em áreas preservadas e degradadas do Cerrado do Distrito Federal**. Dissertação: Mestrado em Biologia Animal. Universidade Federal de Brasília- UNB. Brasília. 2008. 72p.

PASCUAL-HORTAL, L.; SAURA, S. Comparasion and development of new graph based landscape connectivity indices: towards the prioritization of habitat patches and corridors for conservation. **Landscape Ecology**, v. 21. n.7. p. 959-967, 2006.

PASCUAL-HORTAL, L.; SAURA, S.; TODA, M. Integración de la conectividade ecológica de los bosque en los instrumentos de planificación forestal a escala comarcal e regional. **Revista Divulgación**, v.1 n. 94. p. 31-37, 2008.

PEREIRA, M. A. S.; NEVES, N. A. G. S. Considerações sobre a fragmentação territorial e as redes de corredores ecológicos. **Geografia**, v. 16. n.2. p.5-24, 2007.

PINTO, D.; ORTÊNCIO-FILHO, H. Dieta de quatro espécies de filostomídeos frugívoros (Chiroptera, Mammalia) do Parque Municipal do Cinturão Verde de Cianorte. **Chiroptera Neotropical**, v.12. n12. p. 274-279, 2006.

REIS, A; BECHARA, F. C; TRES, D. R. Nucleation in tropical ecological restoration. Piracicaba: **Scientia Agrícola**, v. 67. n. 2. p. 244-250, 2010.

REWORÊDO, L. O; SILVEIRA, G. A. F.; BEZERRA, J. P.; CARVALHO, A. K. S.; ARAÚJO, J. D. P; COSTA JÚNIOR, F. A.; SILVA, D. M. R.; CASTRO, C. S. S. Escolha de hábitat e uso do espaço pelo sagui (*Callithrix jacchus*) em uma área de Mata Atlântica no nordeste brasileiro. In: VIII Congresso de Ecologia do Brasil, 2007. Caxambu: MG. **Anais...Caxambu**, 2007.

RIBEIRO, R.; CARRETERO, M. A.; NEFTALÍ, S.; LIZANA, M.; LLORENTE, G. A. The pond network: can structural connectivity reflect on (amphibian) biodiversity patterns? **Landscape Ecology**, v. 26. n.5. p.673-682, 2011.

ROSA, S. D. **Morcegos (Chiroptera, Mammalia) de um remanescente de restinga, estado do Paraná, Brasil: Ecologia da comunidade e dispersão de sementes**. Dissertação: Mestrado em Zoologia. Curitiba: Universidade Federal do Paraná. 2004. 128p.

RÚBIO, L.; SAURA, S. Assessing the importance of individual habitat patches as irreplaceable connecting elements: an analysis of simulated and real landscape data. **Ecological Complexity**. 2012. No prelo.

SANTOS, A. L. C. **Diagnóstico dos fragmentos de mata atlântica de Sergipe através de sensoriamento remoto**. Dissertação: Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Universidade Federal de Sergipe: São Cristóvão, 2009. 94p.

SANTOS, G. P. **Padrão de atividades, dieta e área de vida de Callicebus nigrifrons (Spix, 1823). Belo Horizonte-MG**. Dissertação: Mestrado em Zoologia de vertebrados. Universidade Católica de Minas. PUC: Belo Horizonte- MG, 2008. 70 p.

SANTOS, T. I. S. **Composição florística e estrutura horizontal de um fragmento ciliar no rio Poxim-Açu, São Cristóvão-SE**. Monografia: Engenharia Florestal. Universidade Federal de Sergipe-UFS. São Cristóvão- SE, 2006. 42p.

SAURA S.; PASCUAL –HORTAL, L. **Conefor Sensinode 2.2 user's manual: software for quantifying the importance of habitat patches for maintaining landscape connectivity through graphs and habitat availability indices**. Universidad de Lleida, España. 2007. 55p.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO (SMA). **Restauração ecológica: Sistemas de nucleação**. 1. ed. São Paulo, 2011.63p.

SERGIPE/ Secretaria de Estado do Planejamento, da Ciência e da tecnologia. **Atlas digital sobre os recursos hídrico de Sergipe**. SEPLANTEC/SRH. Sergipe, 2004.

SERGIPE/ Secretaria de Estado do Planejamento, da Ciência e da tecnologia. **Atlas digital sobre os recursos hídrico de Sergipe**. SEPLANTEC/SRH. Sergipe, 2012.

SILVA, A. S.; BUSCHINELLI, C. C. A.; RODRIGUES, I. A.; MACHADO, R. E. Índice de sustentabilidade ambiental do uso da água (ISA_ÁGUA): municípios da região do entorno do rio Poxim, SE. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004. 46 p.

SILVA, Z. F. B. **Cenário atual da secção urbana do rio Poxim**. Monografia de Especialização: Gestão de Recursos Hídricos . Universidade Federal de Sergipe- UFS. São Cristóvão. 2001.85 p.

SOARES, J. A. **O rio Poxim, processo urbano e meio ambiente**. Monografia de Especialização: Gestão de Recursos Hídricos . Universidade Federal de Sergipe- UFS. São Cristóvão. 2001. 67 p.

UEZU, A.; BEYER, D. D.; METZGER, J. P. Can agroforest woodlots work as stepping stones for birds in the Atlantic forest region? **Biodiversity and Conservation**, v. 17. n.8. p. 1907-1922, 2008.

VASCO, A. N.; BRITTO, F. B.; PEREIRA, A. P. S.; JUNIOR, A. V. M. Uso de indicadores ambientais como suporte ao planejamento e gestão dos recursos hídricos no rio Poxim. In: V Congresso Brasileiro de Sistemas, 26 e 27 de novembro de 2007, Aracaju. **Anais...** Aracaju: 2007. p.193-206.

VILELA, F. S.; RAMALHO, M.; FLESHER, K. M.; PRATES, P. JUNIOR. Dispersão e consumo de sementes de Biriba (*Eschweilera ovata* Cambess. Lecythidaceae) por vertebrados, na Mata Atlântica, sul da Bahia. In: IX Congresso de Ecologia do Brasil, 2009. São Lourenço- MG. **Anais....**São Lourenço, 2009. p. 1-3.

VOGOT, P.; FERRARI, J. R.; LOOKINGBILL, T. R.; GARDNER, R. H.; RIITTERS, K. H.; OSTAPOWICZ, K. Mapping functional connectivity. **Ecological Indicators**, v. 9. n.1. p. 64-71, 2009.

5.0 CONCLUSÕES GERAIS

A fragmentação florestal tem provocado várias alterações na paisagem da bacia hidrográfica do rio Poxim- SE. Como ela é considerada atualmente uma das grandes causas de perda de biodiversidade nas florestas tropicais, a restauração de áreas degradadas (RAD) se destaca como alternativa para reverter esse quadro.

Diante da formação de problemas ambientais complexos como a fragmentação florestal que, por sua vez, envolve todo o contexto da área: aspectos bióticos, abióticos e interferência humana, são necessárias análises integradas, a exemplo da proposta da Ecologia de Paisagem.

A aplicação de ferramentas de Ecologia de Paisagem para avaliar a paisagem através de métricas é promissora para subsidiar o planejamento em RAD, visto que, pode indicar áreas onde técnicas alternativas de restauração poderão ser testadas, reduzindo custos e facilitando o acesso a este tipo de atividade.

É válido ressaltar que a participação dos principais atores do cenário de fragmentação da bacia hidrográfica do rio Poxim: proprietários rurais e assentados é essencial em todas as iniciativas de restauração da bacia, pois, são os “tomadores de decisão” entre degradar e restaurar.

É necessário que iniciativas tais como: condução da regeneração natural, plantio de mudas de espécies importantes em termos ecológicos, econômicos e sociais, e outras alternativas, incluindo Sistemas Agroflorestais (SAF’S), criação de RPPN’S, manejo de espécies de interesse econômico, ou ainda o pagamento por serviços ambientais comecem a ser discutidas e inseridas nas ações de gestão da bacia hidrográfica do rio Poxim- SE. Essas iniciativas, futuramente, poderão contribuir para melhoria da qualidade de vida das populações locais e assegurar maior sustentabilidade dos projetos implantados.

6.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ATTANASIO, C. M.; LIMA, W. P.; GANDOLFI, S.; ZAKIA, M. J. B.; JÚNIOR, J. C. T. V. Método para a identificação da zona ripária: microbacia hidrográfica do Ribeirão São João (Mineiros do Tietê, SP). **Scientia Florestalis**, n. 71, p. 131-140, 2006.

BOURLEGAT, C. A. A fragmentação da vegetação natural e o paradigma do desenvolvimento rural. In: COSTA, R.B.(Org.) **Fragmentação florestal e alternativas de desenvolvimento rural na região Centro-Oeste**. Campo Grande: UCD, 2003. p.01-25.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Fragmentação de Ecossistemas: Causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas**. Denise Marçal Rambaldi, Daniela América Suárez de Oliveira (orgs.). Brasília: MMA/SBF, 2003. 510 p.

CABRAL, D. C.; FREITAS, S. R.; FISZON, J. T. Combining sensors in landscape ecology: Imagery- based and farm-level analysis in the stud of human- driven Forest fragmentation. **Revista Sociedade & Natureza**, v.19. n.2. p.69-87, 2007.

COUTO, M. S. D..S.; FERREIRA, L. G.; HALL, B. R.; SILVA, G. J. P.; GARCIA, F. N. Identificação de áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade e paisagens no estado de Goiás: métodos e cenários no contexto da bacia hidrográfica. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 2. n.62. p.125-135, 2010.

COSTA, R. B.; SCARIOT, A. A fragmentação florestal e os recursos genéticos. In: COSTA, R.B.(Org.) **Fragmentação florestal e alternativas de desenvolvimento rural na região Centro-Oeste**. Campo Grande: UCD, 2003. p.01-25.

DURIGAN, G.; IVANAUSKAS, N. M.; NALON, M. A.; RIBEIRO, M. C.; KANASSHIRO, M. M.; COSTA, H. B.; SANTIAGO, C. M. Protocolo de avaliação de áreas prioritárias para a conservação da Mata atlântica na região da Serra do Mar/ Paranapiacaba. **Revista Instituto Florestal**, v. 21. n. 1. p.39-54, 2009.

FERRAZ, A. C. P. Efeitos de borda em florestas tropicais sobre artrópodes, com ênfase nos dípteros ciclorrafos. **Oecologia Australis**, v.15. n.2, p. 189-198, 2011.

FERRAZ, S. F. B.; PAULA, F. R.; VETTORAZZI, C. A. Incorporação de indicadores de sustentabilidade na priorização de áreas para a restauração florestal na bacia do rio Corumbataí- SP. **Revista Árvore**, v.33, n.5, p.937-947, 2009.

GOERL, R. F; SIEFERT, C. A. C; SCULTZ, G. B; SANTOS, C. S; SANTOS, I. Elaboração e Aplicação de Índices de Fragmentação e Conectividade da Paisagem para Análise de Bacias Hidrográficas. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 5. n.1, p. 1000-1012, 2011.

GONÇALVES, G. G.G; DANIEL, O; COMUNELLO, E.; VITORINO, A. C. T.; ARAIS, F. K. Determinação ambiental da fragilidade de bacias hidrográficas. **Floresta**, v. 41, n. 4, p. 797 – 808, 2011.

GONZÁLEZ-MAYA, J. F.; CHASSOT, O.; ESPINEL, A.; CEPEDA, A. A. Sobre La necesidad y pertinencia de La gestión integral de paisajes em Latinoamérica. **Revista Latinoamericana de Conservación**, v. 2. n.1. p.1-6. 2010.

KOBLITZ, R. V.; PEREIRA-JÚNIOR, S. J.; AJUZ, R. C.A; GRELLE, C. E. V. Ecologia de Paisagens e Licenciamento Ambiental. **Natureza & Conservação**, v. 9. n.2. p. 244-248, 2011.

LADWIG, N. I. O sistema de informação geográfica para o planejamento e gestão sustentável do turismo. **Revista Gestão Sustentável e Ambiental**, v. 1. n.1, p. 19-32, 2012.

LANG, S. **Análise da paisagem com SIG**. 1ed. São Paulo: Oficina de textos. 2009.405p.

MAIROTA, P.; CAFARELLI, B.; BOCCACCIO, L.; LERONNI, V.; LABADESSA, R.; KOSMIDOU, V.; NAGENDRA, H. Using landscape structure to develop quantitative baselines for protected area monitoring. **Ecological Indicators**, 2012. No prelo.

MARTINS, S. V. **Recuperação de matas ciliares**. 2. ed. Viçosa, MG: CPT, 2007, 225p.

METZGER, J. P.O que é ecologia de paisagens? **Revista Biota Neotrópica**.v.1. n.1. p.1-9, 2001.

METZGER, J. P. Estrutura da paisagem: o uso adequado de métricas. In: CULLEN, L. Jr.; VALLADARES-PADUA, C.; RUDRAN, R. **Métodos de estudo em biologia da conservação e manejo da vida silvestre**. Curitiba: UFPR. 2. ed., 2006. p.423-453.

METZGER, J. P. Como restaurar a conectividade em paisagens fragmentadas? In: KAGEYAMA, P. Y.; OLIVEIRA, R. E.; MORAES, L. F.; ENGEL, V. L.; GANDARA, F. B. **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu: FEPAF, 1.ed., 2008. p.307-330.

ODUM E. P.; BARRET, G. W. **Fundamentos de Ecologia**. São Paulo. Cengage Learning. 2007. 587p.

PAESE, A.; SANTOS, J. E. Ecologia da Paisagem: abordando a complexidade dos processos ecológicos. In: SANTOS, J. E.; CAVALHEIRO, F.; PIRES, J. S. R.; OLIVEIRA, C. H.; PIRES, A. M. Z. C. (Org.). **Faces da polissemia da paisagem**. 1 ed. São Carlos: Rima. 2004. 409p.

PIVELLO, V. R.; METZGER, J.P. Diagnóstico da pesquisa em ecologia de paisagens no Brasil (2000-2005). **Revista Biota Neotropica**, v. 7. n.3. p. 21-29, 2007.

PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E. **Biologia da Conservação**. Londrina: Ed. Rodrigues, 2001. 327p.

REMPEL, R. S. **Natural Disturbance Analysis & Planning Tools**. SFMN Network Project: Planning and analysis tools for sustainable forest management. University of Alberta. 1999. 16p.

RIBEIRO, M.; RODRIGUES, R. R. R.; PAESE, A.; DIERDERICHSEN, A.; COSTA, S.; BRANCALION, P. H. S.; SANTIANI, E.; PEREIRA, G.; GUIMARÃES, J.; KOCK, R. A restauração da Mata Atlântica apoiada em Sistemas de Informações Geográficas. In: PAES, A.; UEZU, A.; LORINI, M. L.; CUNHA, A. **Conservação da biodiversidade com SIG**. São Paulo. Oficina de Textos. 2012. 239p.

RODRIGUES, R. R. R.; GANDOLFI, S.; NAVE, A. G.; ATTANASIO, C. M. Atividades de adequação ambiental e restauração florestal do LERF/ESALQ/USP. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 1. n.5, p.7-21, 2007.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V.; CAVALCANTI, A. P. B. **Geoeecologia das paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental**. 2 ed. Fortaleza. UFC. 2007. 222p.

SAURA S.; PASCUAL HORTAL L. **Conefor Sensinode 2.2 user's manual: software for quantifying the importance of habitat patches for maintaining landscape connectivity through graphs and habitat availability indices**. Universidad de Lleida, España. 2007. 55p.

SCHINDLER, S.; WEHRDEN, H. V.; POIRAZIDIS, K.; WRBKA, T.; KATI, V. Multiscale performance of landscape metrics as indicators of species richness of plants, insects and vertebrates. **Ecological Indicators**. 2012. No prelo.

STEINIGER, S.; HAY, G. J. Free and open source geographic information tools for landscape ecology. **Ecological Informatics**, v. 4. p. 183–195, 2009

TONHASCA, A. **Ecologia e história natural da Mata Atlântica**. Rio de Janeiro: Interciência, 2005, 151p.

TRAFICANTE, C. **Ecologia de paisagem para avaliação da idoneidade de redes ecológicas como subsídio ao planejamento territorial**. Tese de Doutorado em Agronomia, irrigação e drenagem. Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 2007.142p.

UEZU, A.; CULLEN JÚNIOR, L. Da fragmentação florestal à restauração da paisagem: aliando conhecimento científico e oportunidades legais para a conservação. In: PAES, A.; UEZU, A.; LORINI, M. L.; CUNHA, A. **Conservação da biodiversidade com SIG**. São Paulo. Oficina de Textos. 2012. 239p.

VOGT, P.; FERRARI, J. R.; LOOKINGBILL, T. R.; GARDNER, R. H.; RIITTERS, K. H.; OSTAPOWICZ, K. Mapping functional connectivity. **Ecological indicators**. n.1. v. 9. p. 64-71. 2009.

VOLOTÃO, C. F. S. **Trabalho de análise espacial: métricas do Fragstats**. 1998. Dissertação: Mestrado em Sensoriamento Remoto
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais –INPE. São Paulo, 1998. 48 p.

APÊNDICES

APÊNDICE A- Pontos coletados na bacia hidrográfica do rio Poxim-SE.

Pontos	LOCAL	X	Y
1	Areia Branca	678457.592	8802696.352
2		67465.402	8803648.854
3		679727.594	880309.167
4		680997.597	8803490.104
5	Itaporanga D'Ajuda	676036.649	8800116.66
6		676235.087	8800275.41
7		677941.653	8860235.723
8		674885.709	88011346.975
9		674687.271	8801505.725
10		676830.401	8801624.788
11		676155.712	8801981.976
12		676076.337	8802616.977
13		681394.472	8800434.16
14		679489.469	8801664.475
15		676076.337	8802537.602
16	Laranjeiras	68663.233	8802736.04
17	Nossa Senhora do Socorro	699134.82	8797497.28
18	São Cristóvão	685641.043	8801624.788
19		685720.419	8800910.411
20		685442.605	8799838.847
21		685839.481	8799957.909
22		686156.982	8799521.346
23		686791.983	8798767.282
24		687188.859	8799481.659
25		687149.171	8799997.597
26		688736.675	8800116.66
27		689649.489	8798926.032
28		685482.293	8794758.837
29		691117.929	8797179.779
30		688577.924	8794163.523
31		688458.862	8792774.458
32		693935.747	8791583.83
33		694610.436	8791861.643
34		694411.998	8788686.637
35		694015.123	8787367.947
36		694610.436	8786821.321
37		69726.504	8788448.511
38		700484.198	8787535.697
39		702984.516	8784598.816
40		700365.135	8787615.072
41		702428.889	8786940.383
42		702111.389	878646.949
43		697911.12	8794963.889
44		697348.879	8795360.765
45		698837.164	8794897.743
46		698208.777	8795790.714
47		697117.368	8796319.881
48		696654.347	8796154.516
49		697150.441	8796419.10
50		699002.528	8797378.217

APÊNDICE B- Fragmentos florestais da bacia hidrográfica do rio Poxim-SE, extensão em hectares e valores encontrados para o Índice de Conectividade Integral (IIC) e Probabilidade de Dispersão (PC) para um raio de 500 metros.

Fragmento	Área (ha)	IIC	PC
1	4.146	0.000047	-0.088136
2	2.192	0.012563	0.001054
3	1.712	0.019666	0.000817
4	9.795	0.139538	0.004707
5	11.367	1.997585	0.005461
6	11.308	0.166472	0.005430
7	23.561	0.366828	0.048638
8	0.294	0.004302	0.000137
9	1.063	0.015624	0.000505
10	2.737	0.033529	0.001334
11	904.143	19.060720	11.679150
12	57.129	0.820626	0.027629
13	33.889	0.445679	0.016352
14	3.719	0.048880	0.001808
15	0.180	0.003167	0.000087
16	106.717	1.770910	0.112006
17	1.015	0.018212	0.000480
18	8.159	0.102866	0.003921
19	1.842	0.023211	0.000879
20	12.534	0.165042	0.006047
21	78.258	1.471725	0.037934
22	379.840	9.455723	0.190149
23	955.189	16.537040	3.044552
24	1.030	0.013414	0.000486
25	11.183	0.146133	0.005374
26	12.285	0.172878	0.005904
27	35.865	0.619266	0.373945
28	4.678	0.063535	0.002238
29	23.061	0.433093	0.011115
30	1.714	0.024098	0.000823
31	2.092	0.000012	-0.044461
32	33.167	0.003250	-0.707202
33	21.618	0.392698	0.010417
34	184.722	2.604377	0.090536
35	22.962	0.419159	0.011065
36	22.879	0.428708	0.011028
37	6.721	0.122012	0.003229
38	1.435	0.021131	0.000686
39	8.677	0.133511	0.004170
40	2.379	0.035029	0.001141
41	39.712	0.373139	0.019169
42	3.098	0.045630	0.001490
43	6.645	0.054920	0.003192
44	126.755	1.853301	0.083143
45	18.421	0.267294	0.008871
46	16.108	0.183479	0.007755
47	2574.078	71.040000	38.887990
48	191.059	3.610213	0.093709
49	35.459	0.637703	0.017100

Continuação do **APÊNDICE B-** Fragmentos florestais da bacia hidrográfica do rio Poxim (SE), extensão em hectares e valores encontrados para o Índice de Conectividade Integral (IIC) e Probabilidade de Dispersão (PC) para um raio de 500 metros.

Fragmento	Área (ha)	IIC	PC
50	756.825	14.949150	0.395128
51	0.034	0.000449	0.000449
52	0.006	0.000047	0.000047
53	0.134	0.001844	0.001844
54	3.704	0.053974	0.053974
55	649.759	12.459090	12.459090
56	12.080	0.225895	0.225895
57	0.444	0.008178	0.008178
58	624.017	12.603330	12.603330
59	4.229	0.000047	0.000047
60	19.358	0.001631	0.001631
61	23.696	0.244378	0.244378
62	9.389	0.000792	0.000792
63	4.393	0.057106	0.057106
64	1.582	0.000000	0.000000
65	1.207	0.000000	0.000000
66	3.337	0.034238	0.034238
67	0.100	0.000650	0.000650
68	0.205	0.001406	0.001406
69	1.393	0.151747	0.151747
70	4.947	0.064327	0.064327
71	7.836	0.231887	0.231887
72	85.481	1.119717	1.119717
73	88.164	1.153878	1.153878
74	2.553	0.033186	0.033186
75	8.060	0.369475	0.369475
76	5.055	0.066253	0.066253
77	7.306	0.095090	0.095090
78	7.864	0.102370	0.102370
79	6.975	0.091379	0.091379
80	9.986	0.129966	0.129966
81	48.915	1.470850	1.470850
82	13.464	0.148249	0.148249
83	1.021	0.008698	0.008698
84	67.761	0.705788	0.705788
85	5.645	0.057744	0.057744
86	3.010	0.096839	0.096839
87	1.761	0.025019	0.025019
88	9.551	0.002080	0.002080
89	27.227	0.355139	0.355139
90	10.621	0.108965	0.108965
91	29.723	0.007103	0.007103
92	42.317	0.011216	0.011216
93	2.106	0.000437	0.000437
94	1.183	0.000296	0.000296
95	11.709	0.261149	0.261149
96	10.806	0.154961	0.154961
97	31.849	0.002990	0.002990

Continuação do **APÊNDICE B**- Fragmentos florestais da bacia hidrográfica do rio Poxim (SE), extensão em hectares e valores encontrados para o Índice de Conectividade Integral (IIC) e Probabilidade de Dispersão (PC) para um raio de 500 metros.

Fragmento	Área (ha)	IIC	PC
98	0.555	0.000024	-0.011770
99	16.778	0.000851	-0.357126
100	0.134	0.000000	-0.002868
101	7.724	0.343345	0.517707
102	14.119	0.138723	0.131288
103	3.533	0.035266	0.049323
104	11.128	0.164109	0.005343
105	31.548	0.451588	0.015211
106	4.985	0.187580	0.002388
107	235.337	7.272733	1.203944
108	81.464	1.241634	0.039505
109	2.275	0.026768	0.001091
110	14.037	0.265947	0.006758
111	16.690	2.105858	0.008036
112	2.342	0.024121	0.001122
113	26.742	0.374037	0.063905
114	12.748	0.167453	0.006128
115	6.079	0.150754	0.226668
116	10.301	0.088413	0.004950
117	4.428	0.080199	0.002120
118	35.817	0.773187	0.017274
119	2.949	0.053419	0.001415
120	48.301	0.906870	0.023340
121	0.278	0.004952	0.000131
122	3.815	0.071843	0.001827
123	3.011	0.046150	0.001446
124	28.504	0.536385	0.013740
125	6.196	0.222692	0.002974
126	0.972	0.010814	0.000461
127	8.675	0.087302	0.004170
128	2.884	0.023058	0.001384
129	0.556	0.004302	0.000262
130	0.987	0.014028	0.000467
131	8.310	0.119566	0.003990
132	0.363	0.005094	0.000168
133	2.411	0.024287	0.001159
134	2.462	0.022975	0.001185
135	2.927	0.027395	0.001409
136	1.016	0.009336	0.000480
137	0.593	0.006606	0.000280
138	38.045	0.442299	0.018353
139	0.983	0.011038	0.000467
140	21.811	0.642312	0.010511