



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

**CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GEOPROCESSAMENTO -  
AMBIENTAL**

**UTILIZAÇÃO DE MÉTRICAS DA PAISAGEM NA ANÁLISE DOS  
REMANESCENTES DE VEGETAÇÃO EM UMA ÁREA PRIVADA DO  
MUNICÍPIO DE SÃO FÉLIX DO XINGU - PA**

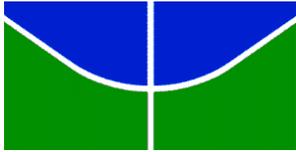
**IAN SOUZA BANDEIRA CHAVES**

Monografia de Conclusão de  
Curso de Especialização

**ORIENTADORA: Prof. Dr<sup>a</sup>. Rejane Ennes Cicerelli**

**BRASÍLIA - DF**

2016



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

**UTILIZAÇÃO DE MÉTRICAS DA PAISAGEM NA ANÁLISE DOS  
REMANESCENTES DE VEGETAÇÃO EM UMA ÁREA PRIVADA DO  
MUNICÍPIO DE SÃO FÉLIX DO XINGU - PA**

**IAN SOUZA BANDEIRA CHAVES**

Monografia de Conclusão de  
Curso de Especialização

**ORIENTADORA: Prof. Dr<sup>a</sup>. Rejane Ennes Cicerelli**

**COMISSÃO JULGADORA**

**Prof. MSc. Gervásio Barbosa Soares Neto** \_\_\_\_\_

**Prof. Dr. Paulo Roberto Menezes** \_\_\_\_\_

**BRASÍLIA - DF**

2016

## **DEDICATÒRIA**

Dedico o presente trabalho primeiramente a Deus, aos meus pais Antônio Adriano e Sandra Maria, e a minha irmã Lara Souza e todos os familiares que me incentivaram ao longo desta jornada.

## **AGRADECIMENTOS**

A evolução do conhecimento é em função do agradecimento que retribui e mantém acesa a chama da solidariedade, diante disso, gostaria de agradecer ao notório saber da orientadora, Professora, Dr<sup>a</sup>. Rejane Ennes Cicerelli, pela sua experiência, paciência e grande empenho como instrutora, foi a maior inspiração para o tema escolhido.

Aos amigos pelo apoio e incentivo para o desenvolvimento da pesquisa.

A ESRI pela disponibilização do Pacote de ferramentas que compõem a Família ArcGis 10.x por intermédio do contrato nº 2011 MLK 8733 e a IMAGEM pelo apoio e viabilidade da concretização do termo de uso entre o Instituto de Geociências – Unb e a ESRI e pelo suporte aos softwares.

Aos demais coordenadores e Professores do curso.

## RESUMO

A fragmentação da paisagem vem modificando os processos ecossistêmicos ocasionando a perda de habitat e proporcionando o isolamento dos fragmentos de vegetação que desempenham diversas funções ecológicas. Assim o presente trabalho teve como objetivo analisar a situação dos fragmentos florestais em áreas privadas no município de São Félix do Xingu – PA, região Norte, por meio das métricas dos fragmentos florestais. Para a complementação das análises das métricas que foram calculadas, foi utilizado a análise de densidade de *kernel* a fim de apontar a concentração da degradação da vegetação remanescente. As métricas dos índices de contiguidade, distância do vizinho mais próximo e o índice de forma da paisagem LSI se mostraram satisfatórios para o estudo da situação da fragmentação dos remanescentes florestais, que no geral a paisagem possui fragmentos em desagregação. Já o método da densidade de *kernel* indicou que a paisagem possui 437,26 km<sup>2</sup> de eventos relacionados a degradação florestal principalmente na Área de Proteção Ambiental Triunfo do Xingu. Ademais, é importante notar que a utilização das métricas de análise da paisagem e densidade de *kernel* configura-se como relevantes ferramentas para auxiliarem na tomada de decisão no que diz respeito proposição de políticas públicas, bem como a adoção de medidas para a conservação da biodiversidade.

Palavras-chave: Métricas da Paisagem, Fragmentação Florestal. Geoprocessamento.

## **The Application of landscape`s metrics in the analyse of remaining vegetation on private area in the city of Xingu – PA**

### **Abstract:**

The piece of landscape fragmentation is changing ecosystem's process, resulting in a lost of habitat and also offering the isolation of vegetation fragments, that play several echologic functions, thus this current work has as a goal analyse forest fragment's status on private áreas in the city of São Felix do Xingu – PA, north region of Brazil, through metrics forest fragments. To complete metrics analyses that were calculated, it was used kernel density analyse, with the purpose to show the concentration of the remaining vegetation degradation. The metrics rates of adjacency, the distance from the closest neighbor and the rate LSI landscape shape were satisfactory for the study of forest remaining fragment situation, that in general this landscape has desagregation fragments. In the other hand, the kernel density show that landscape has 437,26 km<sup>2</sup> of events related with forest degradation, mainly in Xingu Enviromental Preserved Area. Besides, is important to say that the kernel's analyse of density and metrics shows itself

as relevant tools to help in decision-making about proposal of public policies, as well as taking actions to preserve biodiversity.

Keywords: Landscape Metrics, Forest Fragmentation, Geoprocessing

## 1 INTRODUÇÃO

O bioma Amazônia possui 4.196.943 km<sup>2</sup> no que representa 49% do território nacional e é o maior bioma continental brasileiro Ipea (2010). Sua grande extensão e heterogeneidade dos ecossistemas fazem de sua floresta a mais rica em biodiversidade. Segundo Ipea (2010), a floresta Amazônica é responsável por abrigar inúmeras espécies endêmicas da fauna e flora, ou seja, refere-se a espécies que ocorrem exclusivamente no ecossistema.

Os ecossistemas presentes nesse bioma se dividem com a grande variação das fitofisionomias que estão nos remanescentes florestais, formando grandes manchas de vegetação. No entanto, nos últimos anos a intensa atividade de expansão agropecuária tem provocado a substituição da floresta nativa por outros tipos de usos da terra provocando a fragmentação do maciço florestal remanescente.

As atividades que o homem vem desenvolvendo para a sua sobrevivência tem se tornado um grande entrave para a conservação da biodiversidade no que tange a fragmentação e perda de habitats de remanescentes florestais. Dentre os biomas brasileiros, a Amazônia é o Bioma mais preservado, porém nos últimos anos vem sendo intensamente explorado sem planejamento e gestão Ipea (2010).

Segundo Laurence e Vasconcelos (2009), a atividade pecuária e a agricultura de corte raso somada a extração madeireira causa intensa descontinuidade na vegetação remanescente. Já para Sanches et al, (2013) aponta que a conectividade é importante para a capacidade da manutenção dos habitats pois mantem o fluxo gênico entre as manchas no que se torna vital para a sobrevivência dos ecossistemas.

A definição de instrumentos normativos que coordenam a forma do uso da terra para a compatibilização das atividades antrópicas e da conservação dos recursos naturais é de suma importância, pois segundo Estevam e Pereira (2015), a utilidade dos instrumentos da legislação Ambiental visa disciplinar as alterações e interferências antrópicas negativas para o meio ambiente, destacando as áreas que possuem funções ambientais.

Nos termos da legislação brasileira, tem-se instrumentos ambientais normativos, sendo o Código florestal Brasileiro (CFB) de 1965, da Lei Federal nº 4.771 de 15 de setembro de 1965 revogado recentemente pela Lei Federal nº 12.651 de maio de 2012, fulcral nas exigências de adequação das propriedades em compatibilizar o uso e ocupação do solo com os recursos naturais, mantendo limiares de preservação a fim de se conservar os remanescentes florestais.

A estruturação da paisagem para Lang e Blaschke (2009) é essencial para caracterização e a forma com que se comporta os fragmentos da vegetação. Os estudos e técnicas que quantifiquem a estrutura da fragmentação da paisagem vem sendo amplamente estudados a fim de inferir locais apropriados para conservação e criação de corredores ecológicos e não necessariamente a delimitação dessas áreas (METZGER, 2003 apud Lopes et al., 2011).

Dessa forma, as técnicas desenvolvidas para estudar a ecologia da paisagem possibilitam a análise e quantificação dos padrões de forma e conectividade (HARGIS et al., 1998).

Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo analisar a situação dos fragmentos florestais no município de São Félix do Xingu em áreas privadas na região Norte do município utilizando o software Fragstats, versão 4.2 de McGarigal e Marks (2012), a fim de identificar a necessidade de intervenções para a conservação da biodiversidade da vegetação remanescente com o intuito de propor aos gestores públicos uma ferramenta de otimização no processo de estabelecimento de práticas sustentáveis e na construção de políticas de conservação e uso sustentável da biodiversidade.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

O município de São Félix do Xingu localiza-se no Sudeste do Estado do Pará e possui uma área de 84.213 km<sup>2</sup>. Juntamente, com outros 14 municípios. São Félix do Xingu compõe o Território da Cidadania do Sul do Pará/Alto Xingu, que abrange uma área de 174.876 km<sup>2</sup>. O território possui uma população total de 406.000 habitantes, sendo que 154.838 vivem na área rural, o que corresponde a 38% do total. O Território da Cidadania do Sul do Pará/Alto Xingu possui ainda 19.824 agricultores familiares, 26.237 famílias assentadas e 11 terras indígenas. Seu IDH médio é 0,71. (IBGE, 2010). A área objeto deste estudo está localizada na porção norte e possui 27.874,27 km<sup>2</sup> considerando a área de proteção Ambiental Triunfo do Xingu, destacada em vermelho na figura 1.

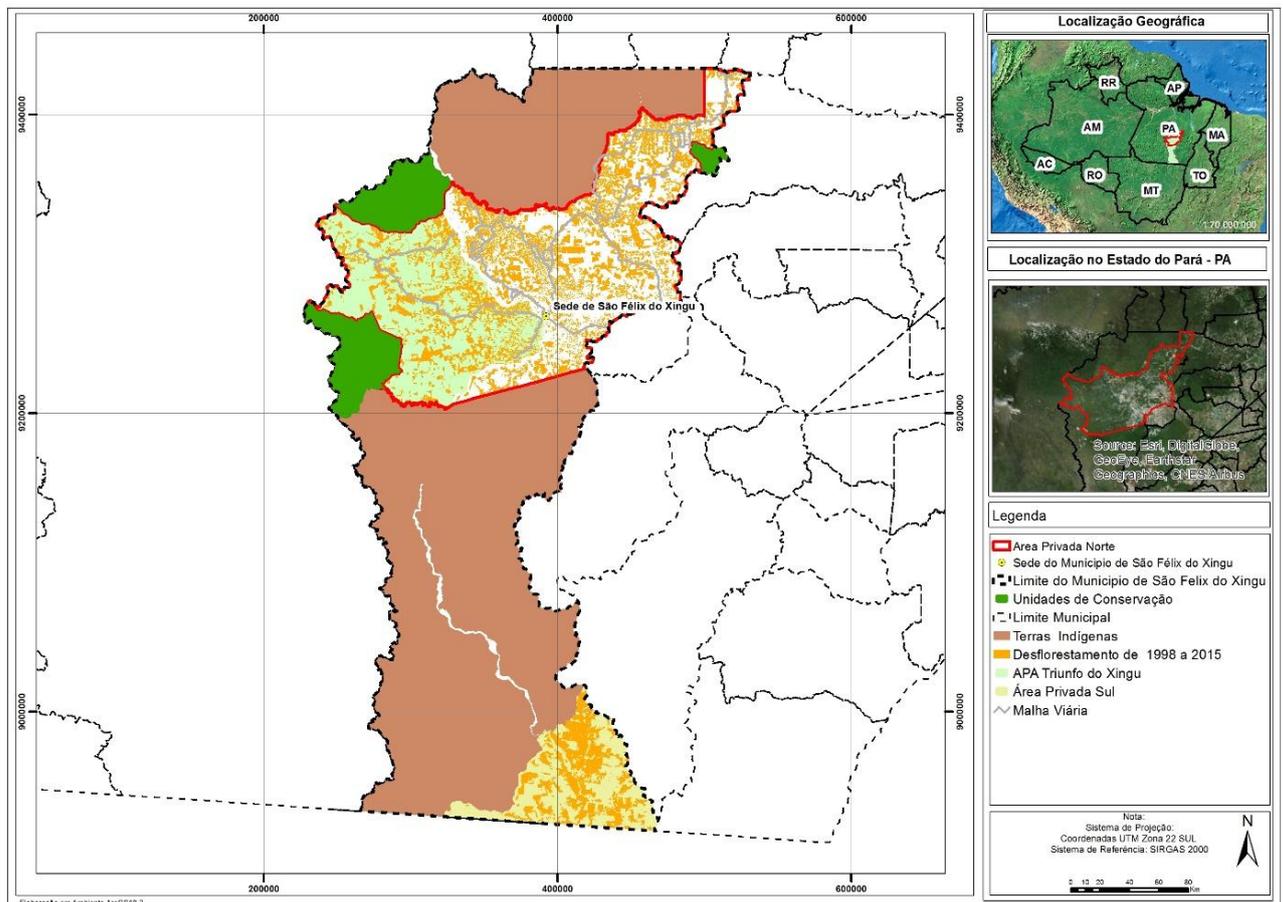


Figura 1- Localização do Município de São Félix do Xingu - PA e da área de Estudo

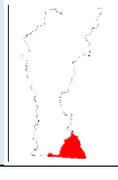
Na tabela 1 são apresentados os quantitativos de remanescente florestais no território de São Félix do Xingu, tanto para a área total do município, quanto para as áreas com dominialidade privada. Foi realizada uma análise nos quantitativos dos fragmentos da vegetação remanescente florestal com base nos dados do Terra class ano 2012 para verificar a situação dos fragmentos remanescentes de vegetação.

Pode-se observar isoladamente na tabela 1 que as classes da vegetação remanescente do município de São Félix do Xingu apresentam cerca de 81% de remanescente florestal,

independentemente da situação de conservação da composição da vegetação. Percebe-se ainda que não houve muita variação dos remanescentes florestais do ano de 2010 para o ano de 2012.

De acordo com a tabela 1, fica evidente que o menor quantitativo de vegetação remanescente se encontra na área privada norte.

Tabela 1 – Quantitativos de vegetação remanescente em São Félix do Xingu

Ano Base: 2010/2012	Área total (km <sup>2</sup> )	Vegetação remanescente (km <sup>2</sup> )	Porcentagem de Vegetação Remanescente (%)	Localização
<b>Área total do Município (incluindo Tis e Ucs)</b>	84.213,28	68.912,18 / 68.869,992	81%	
<b>Áreas privadas totais incluindo a APA Triunfo do Xingu</b>	33.661,12	19.633,57 / 19.612,27	58%	
<b>APA Triunfo do Xingu</b>	10.984,58	8.244,10 / 8.196,67	75%	
<b>Área Privada Norte</b>	27.874,27	16.148,57 / 16.304,19	58%	
<b>Área Privada Sul</b>	5.786,76	3.485,00 / 3.308,08	60%	

Fonte: Dados produzidos pelo autor com base no Terraclass/INPE 2012.

As concentrações de fragmentos isolados continuam próximas a sede do município na direção leste. Também se observa grande concentração de fragmentos na parte Sul, onde os quantitativos de áreas desmatadas nos últimos anos são elevados, mantendo-se apenas fragmentos isolados de vegetação.

Dessa forma, a vegetação remanescente das áreas privadas está ameaçada em função do seu quantitativo e por apresentar um certo grau de isolamento. A Figura 2 evidencia a questão do desmatamento na região no decorrer do tempo. No ano de 2000 o município de São Félix do Xingu foi o campeão do desmatamento de todos os estados da Amazônia legal, com isso, foram

implantadas políticas públicas como o Decreto Presidencial 6.321, de 21 de dezembro de 2007 entrando em vigência no ano seguinte. O Plano de prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal - PPCDAm, foi instruído ao estado obrigando a realizar ações mais efetivas quanto as ações de comando e controle, de cerco à grilagem de terras, de combate à corrupção e de criação de áreas protegidas. Em São Félix do Xingu também houve mudança na dinâmica do desmatamento.

Com a implantação do PPCDAm em 2008 o município passou a registrar quedas expressivas no índice anual de perda florestal, conforme verificado na figura 2.

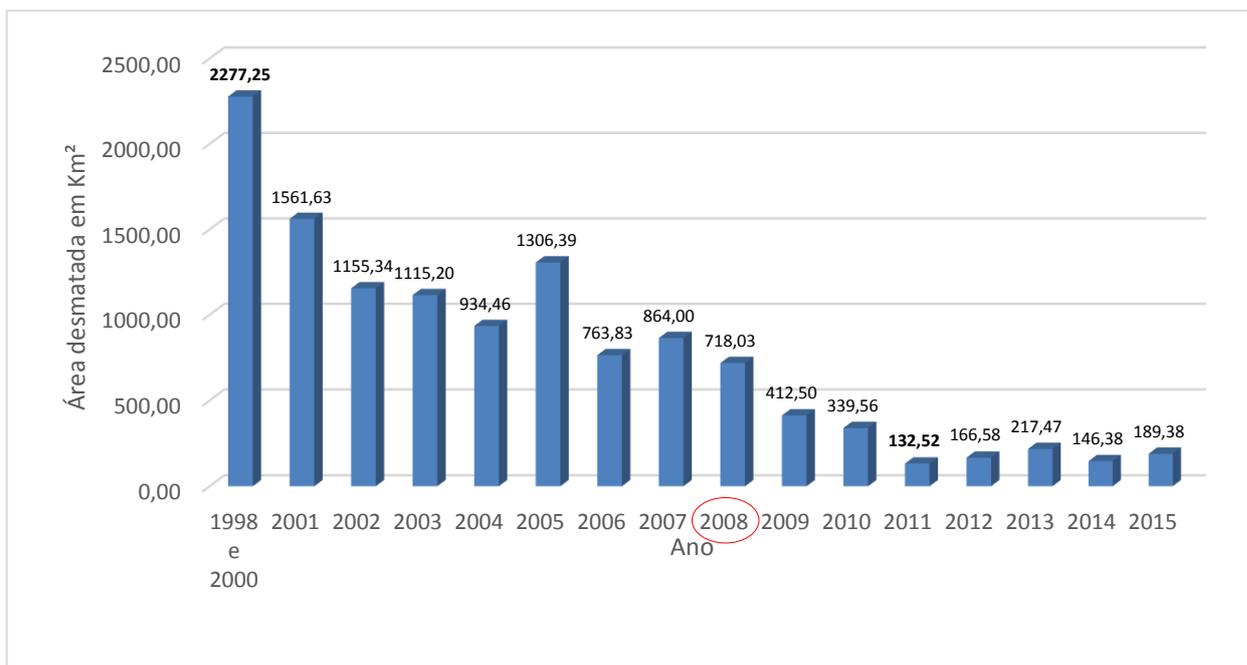


Figura 2 – Desmatamento verificado pelo sistema PRODES em São Félix do Xingu – (1998 a 2015). Fonte: PRODES/INPE

## 2.2. MATERIAIS

A estruturação da base de dados para o estudo em questão é apresentada da seguinte forma:

- Mapa do uso do solo elaborado pelo Projeto TerraClass (INPE/Embrapa) de 2012 na escala 1:100.000. (INPE, 2012);
- Dados em formato *shapefile* de Unidades de Conservação, Sedes, Terras indígenas, Áreas privadas, Área de proteção Ambiental Triunfo do Xingu, Malha viária e Assentamentos. (MMA, INDE, 2014)
- Software Fragstats versão 4.2 de McGarigal e Marks (2012);
- Software Arcgis 10.2.2 da Environmental Systems Research Institute – ESRI (2015).

### 2.3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os procedimentos metodológicos para a elaboração do estudo da situação dos fragmentos florestais basearam-se nas seguintes etapas de trabalho conforme o fluxograma da figura 3:

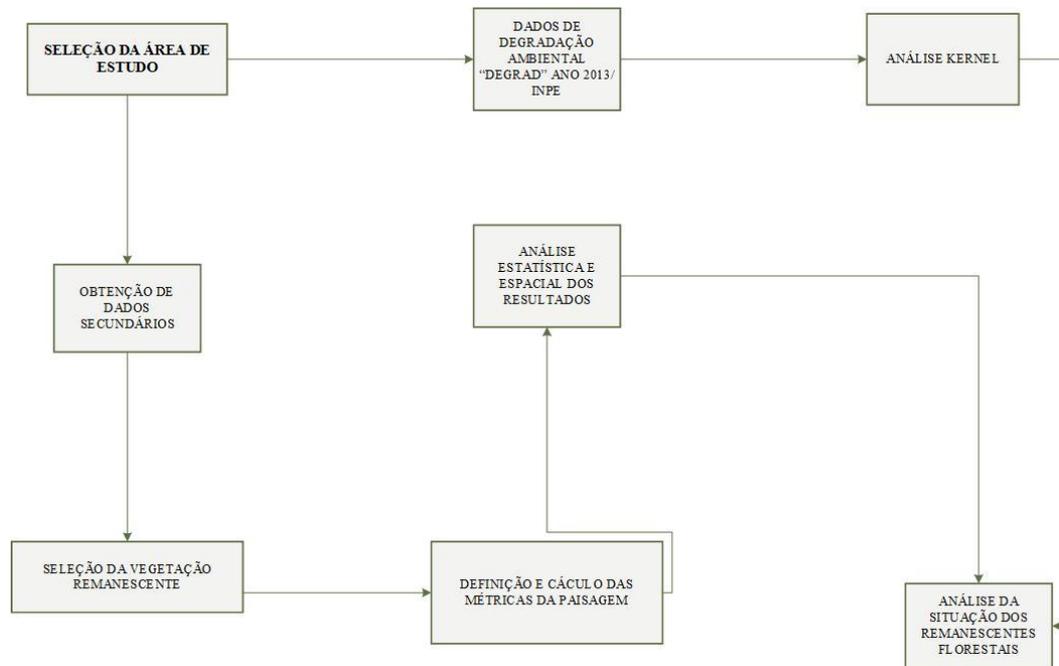


Figura 3 – Fluxograma dos processos

Para o processamento das informações das métricas na paisagem que envolve os fragmentos de vegetação remanescentes, foi utilizado os dados vetoriais processados no software Arcgis 10.2 para posterior análise no software Fragstats, versão 4.2, de McGarigal e Marks (2012). A quantificação da fragmentação da paisagem é importante pois fornece valores qualitativos de extensão de área e de distribuição espacial de fragmentos, a partir das informações geradas via mapa temático ou de uma imagem de satélite.

No que tange a análise da situação dos fragmentos florestais, foram realizadas análises da estrutura ao nível da mancha, classe e de toda a paisagem. Mancha segundo Lang e Blaschk (2009) consiste nas características geométricas dos fragmentos individuais observáveis na paisagem de acordo com a escala de detecção e observação. Segundo o mesmo autor classe consiste no resumo de todas as manchas de uma determinada classe e paisagem se refere ao agrupamento de toda a paisagem onde manchas e classes são agrupadas.

Para obtenção da base para o Fragstats, ou seja, a classe remanescente florestal utilizou-se a classificação original vetorial do Programa Terraclass do ano de 2012 na escala de 1:100.000 e resolução espacial de 30 metros. Ao todo foram unidas quatro classes, sendo elas: vegetação secundária, floresta, não floresta (que, prioritariamente considera os afloramentos rochosos da região), que compuseram a classe vegetação remanescente.

As métricas foram selecionadas, considerando as características da região e tomando como base o trabalho de Rodrigues (2011). Posteriormente foram analisadas a documentação do software no qual está disponível no website do Laboratório de Ecologia da Paisagem da Associação Internacional de Ecologia da Paisagem (disponível no endereço <http://www.umass.edu/landeco/>) onde possui a descrição detalhada e a forma de quantificação

de cada uma. A tabela 2 apresenta as métricas de análise de mancha e classe adotadas no trabalho.

Tabela 2 – Métricas da Paisagem selecionadas para análise dos fragmentos florestais em uma área privada Norte do município de São Félix do Xingu.

<b>Métricas para análise de mancha</b>	<b>Métricas para análise de classe</b>
Relação Perímetro/Área – PARA	Índice de Forma da Paisagem – LSI
Índice de Forma - SHAPE	
Índice de Contiguidade - CONTIG	
Distância do vizinho mais próximo - ENN	

Fonte: Adaptado de Rodrigues 2011

Conforme a tabela 3 o processo da definição do tamanho dos fragmentos levou em consideração o trabalho de Forman (1995), em que se adotou a classe de tamanho dos fragmentos na área de estudo levando em consideração os critérios ecológicos, como por exemplo a sensibilidade de área de determinados grupos de espécies. Foram identificados 14.090 fragmentos, classificados entre pequenos, médios e grandes.

Tabela 3 – Classes dos fragmentos florestais

<b>Classes de tamanho</b>	<b>Número de Fragmentos</b>	<b>Hectares</b>
Pequeno	4066	0 - 4
Médio	8759	4 - 24
Grande	2095	> 24

Fonte: Adaptado de Forman, 1995

A descrição das métricas adotadas neste trabalho é apresentada a seguir para um melhor entendimento dos índices utilizados na análise da paisagem.

- **Relação do perímetro e área do fragmento:**

A relação perímetro/área, de um modo geral segundo McGarigal (2012), pode ser utilizada como índice de complexidade da forma, relaciona o perímetro com a área, sendo que quanto maior for o perímetro de um fragmento em relação à sua área mais a forma desse fragmento se distancia de uma forma estável, como um círculo.

Equação:

$$\text{PARA} = \frac{P_{ij}}{A_{ij}}$$

$P_{ij}$  = Perímetro (m) e  $A_{ij}$  = a área (m<sup>2</sup>)  
Unidade de medida: adimensional

- **Índice de forma:**

<p>O índice de forma foi introduzido por Forman e Godron (1986) como medida de feição padronizada na ecologia de paisagens, este índice avalia a complexidade da borda dos fragmentos, comparando a uma forma padrão. Dados em o formato raster possui a forma padrão similar a um quadrado, dessa maneira, quanto mais distante desse padrão, mais irregular é considerada a forma.</p>	<p>Equação:</p> $SHAPE = \frac{25 * P_{ij}}{\sqrt{a_{ij}}}$ <p>Onde  <math>P_{ij}</math> = Perímetro (m) e <math>A_{ij}</math> = área do fragmento (m<sup>2</sup>)          Unidade de medida: adimensional</p>
--	---

- **Índice de Contiguidade:**

<p>O índice Contiguidade, permite verificar a conectividade espacial das células dentro de uma mancha avaliando a configuração entre elas. Este índice varia de 0 (quando a conexão entre os fragmentos é muito baixa) até 1 na medida em que a conexão vai aumentando McGarigal (2012).</p>	<p>Equação:</p> $CONTIG = \frac{\left[ \frac{\sum_{r=1}^z c_{ijr}}{a_{ij}^4} \right]^{-1}}{v-1}$ <p>Onde  <math>C_{ijr}</math> = valor de contiguidade do pixel r na mancha ij, v = soma de todos os valores em uma janela móvel de 3 por 3 células, <math>a_{ij}^*</math> = A área da mancha em termos de número de células          Unidade de medida: Adimensional.</p>
--	--

- **Índice de forma da Paisagem:**

<p>Este índice mede a relação perímetro da paisagem como um todo, assim, toda a paisagem seria como se fosse uma única mancha McGarigal (2012) pode ser interpretada como a desagregação da paisagem, deste modo, quanto maior o valor do LSI, mais dispersos estão os fragmentos.</p>	<p>Equação:</p> $LSI = \frac{.25 \sum_{k=1}^m e * ik}{\sqrt{A}}$ <p>Onde  <math>E * ik</math> = comprimento total ( m ) da borda da paisagem entre os manchas das classes; A= área da paisagem total (m<sup>2</sup>); LSI é igual a 0,25 para raster) vezes a soma de toda a paisagem. Este índice varia de &gt;/ 1 ou = 1.</p>
--	---

- **Distância do vizinho mais próximo:**

<p>Este índice segundo Forman e Godron (1986) é um índice de proximidade, que funciona como medida de configuração da paisagem, e é calculado com base na distância euclidiana entre manchas da mesma classe, tendo por base as suas margens. O valor -1 indica que nenhuma feição foi considerada, já o valor 0 mostra que as áreas adjacentes possuem valores iguais de distância considerando a mesma classe.</p>	<p>Equação:</p> $ENN = h_{ij}$ <p>Onde</p> <p><math>h_{ij}</math> = Dsitância ( m ) entre a mancha <math>ij</math> e a mancha mais proxima do mesma (classe), com base na distância entre margens de manchas, efetuadas a partir dos centros das células mais próximas das respectivas manchas.</p> <p>Unidade de medida: metros quadrados</p>
--	--

- **Densidade de Kernel**

<p>Este índice define uma vizinhança circular em torno de cada ponto da amostra de uma superfície, sendo o valor mais alto no ponto central do raio de busca e valor zero para além do raio de busca descritas por Silverman, (1986).</p>	<p>Equação:</p> $fh(x) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n k\left(\frac{x - xi}{h}\right)$ <p>Onde</p> <p>K = função de kernel; h = raio de busca; x = posição do centro de cada célula do raster de saída; Xi = posição do ponto i proveniente do centroide de cada polígono; e n = número total de ocorrências de degradação (centroides).</p> <p>Unidade de medida: kilometros quadrados</p>
---	---

Ainda, após o cálculo das métricas da paisagem, foi realizada uma análise da situação de conservação dos fragmentos florestais. Assim, utilizou como base os dados do DEGRAD entre 2007 a 2013. Esta base foi insumo para a elaboração de uma de densidade de kernel. O produto proporcionou identificar áreas com maiores taxas de degradação florestal, ou seja, fragmentos ameaçados por atividades antrópicas.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise das métricas utilizadas no trabalho foram especializadas de modo a melhorar o entendimento da dinâmica da situação da fragmentação na paisagem, sendo a figura 4 apresentando as manchas dos remanescentes florestais para toda a área. Dessa forma, foi feita a delimitação de três áreas específicas, 1, 2 e 3, respectivamente, com base nos resultados a fim de se obter uma melhor visualização. As Figuras a seguir tomarão como base o mapa de localização apresentado na Figura 4.

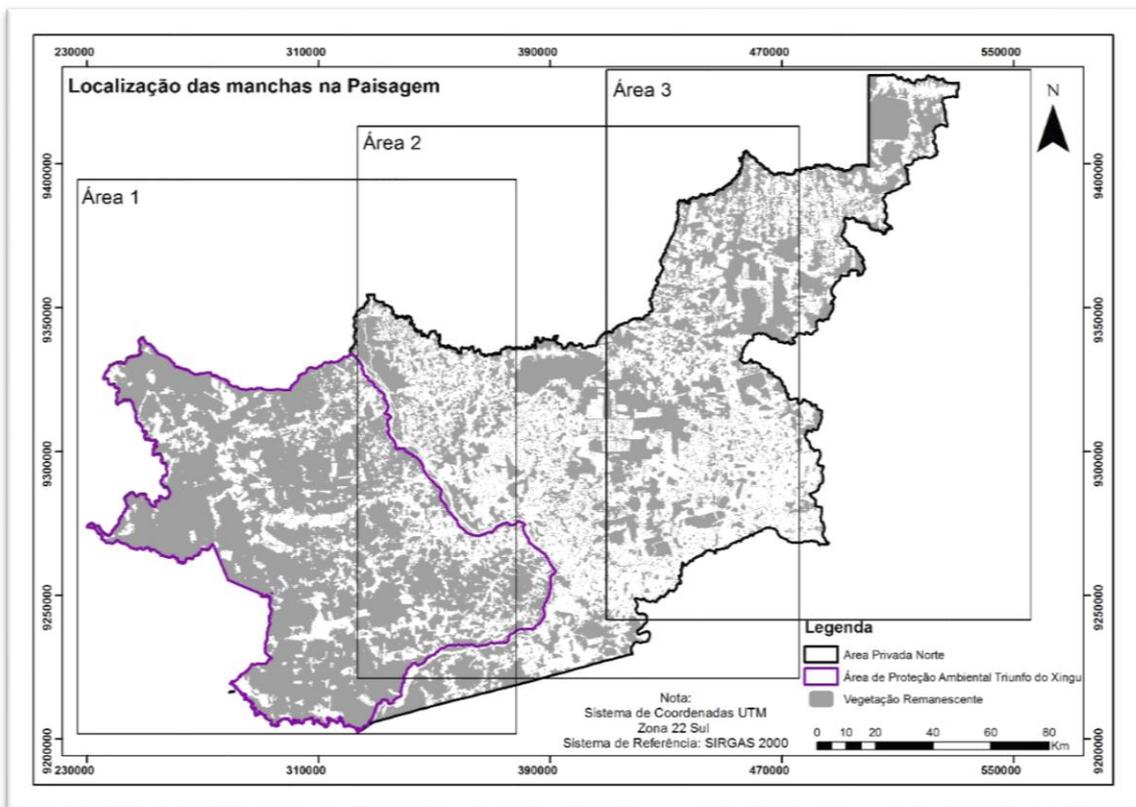


Figura 4 - Manchas dos Remanescentes Florestais. Fonte: do autor

A figura 5 mostra a relação do perímetro/área das áreas 1, 2 e 3 estudadas na paisagem como um índice de complexidade de forma. Podemos observar que os fragmentos que possuem tamanho de 0 a 24 hectares demonstrado na tabela 3, possui média alta relação de área com perímetro, e estão em grande parte nas áreas 2 e 3.

Observa-se comumente na figura 5 que os fragmentos que possuem de 0 a 24 ha estão sendo pouco representados na área 1 se comparado com áreas de dominialidade privada das áreas 2 e 3.

As áreas privadas segundo Hentz (2015) possuem uma tendência de sofrer o efeito de borda por hectare de floresta remanescente prejudicando a conectividade ambiental entre os fragmentos, tanto em reservas legais quanto nas áreas de preservação permanente, com isso, é recomendável adotar estratégias de preservação e implantação de cinturões verdes para minimizar fatores externos. Os fragmentos que possuem média relação da área e perímetros também estão suscetíveis ao mesmo processo, porém de forma menos atenuante em função de estarem mais conectados.

De acordo com Sanders et al (1991), os remanescentes de vegetação considerados médios e pequenos ilustrados na figura 5 possuem fragilidades e padrões de sustentabilidade inadequados com o passar do tempo, alterando os processos ecossistêmicos.

A classe dos fragmentos maiores que 24 ha apresentados na tabela 3 possuem baixa relação de perímetro e área conforme é apresentado na figura 5, no entanto, esta classe possui uma maior representatividade dentro da APA Triunfo do Xingu se comparado com o restante das áreas 2 e 3.

A adoção de medidas de conservação é necessária para esses fragmentos em função da vulnerabilidade que os mantem, novas práticas conservacionistas é necessária para garantir um equilíbrio dinâmico para com a paisagem.

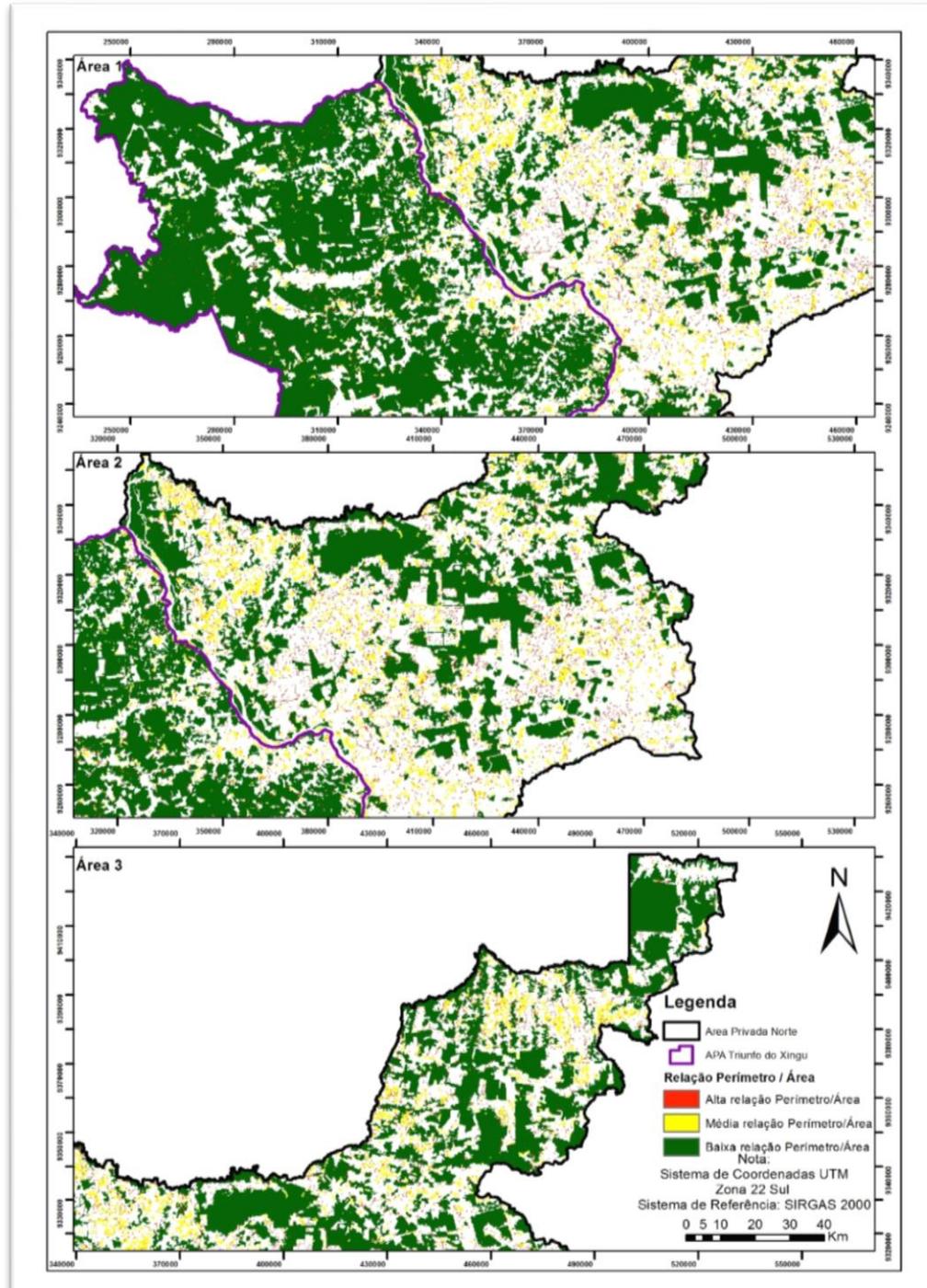


Figura 5 – Relação de Perímetro e Área da vegetação remanescente A localização das Áreas 1, 2 e 3 destacadas no mapa encontra-se na Figura 4. Fonte: do autor

O índice de forma das áreas 1, 2 e 3 na paisagem em questão, figura 6, mostra a variação de baixa, média e alta, no entanto se observarmos a figura 5, o comportamento espacial analisado é similar ao encontrado no índice de forma em função da área dos fragmentos.

Os fragmentos que possuem valores de índice de forma alto figura 6 estão em sua maioria na APA Triunfo do Xingu área 1.

Os fragmentos da área 1 figura 6 possuem uma forma mais alongada e estão conectados mesmo havendo reentrâncias nas bordas em função das estradas, dessa forma, os elementos da paisagem da área 1 desviam-se do padrão quadrado para uma forma mais complexa, se comparado com as áreas 2 e 3 que possuem um padrão de forma circular.

As estradas que cortam a paisagem têm bastante influencia para a forma do fragmento conforme demonstrado na figura 6, na qual verifica-se que os fragmentos que possuem forma circular na área 2 e 3 possuem uma maior representatividade de estradas no que configura uma facilidade para o efeito de borda nessas áreas privadas.

Observa-se que as áreas 2 e 3 da figura 6 possui um índice de forma que varia de média a baixa e estão sendo representadas se comparado com a área 1. Já no trabalho de Lang e Blaschke (2009), foi encontrado o resultado similar onde a maioria dos fragmentos da paisagem apresentaram índice de forma médio para toda a mancha da paisagem.

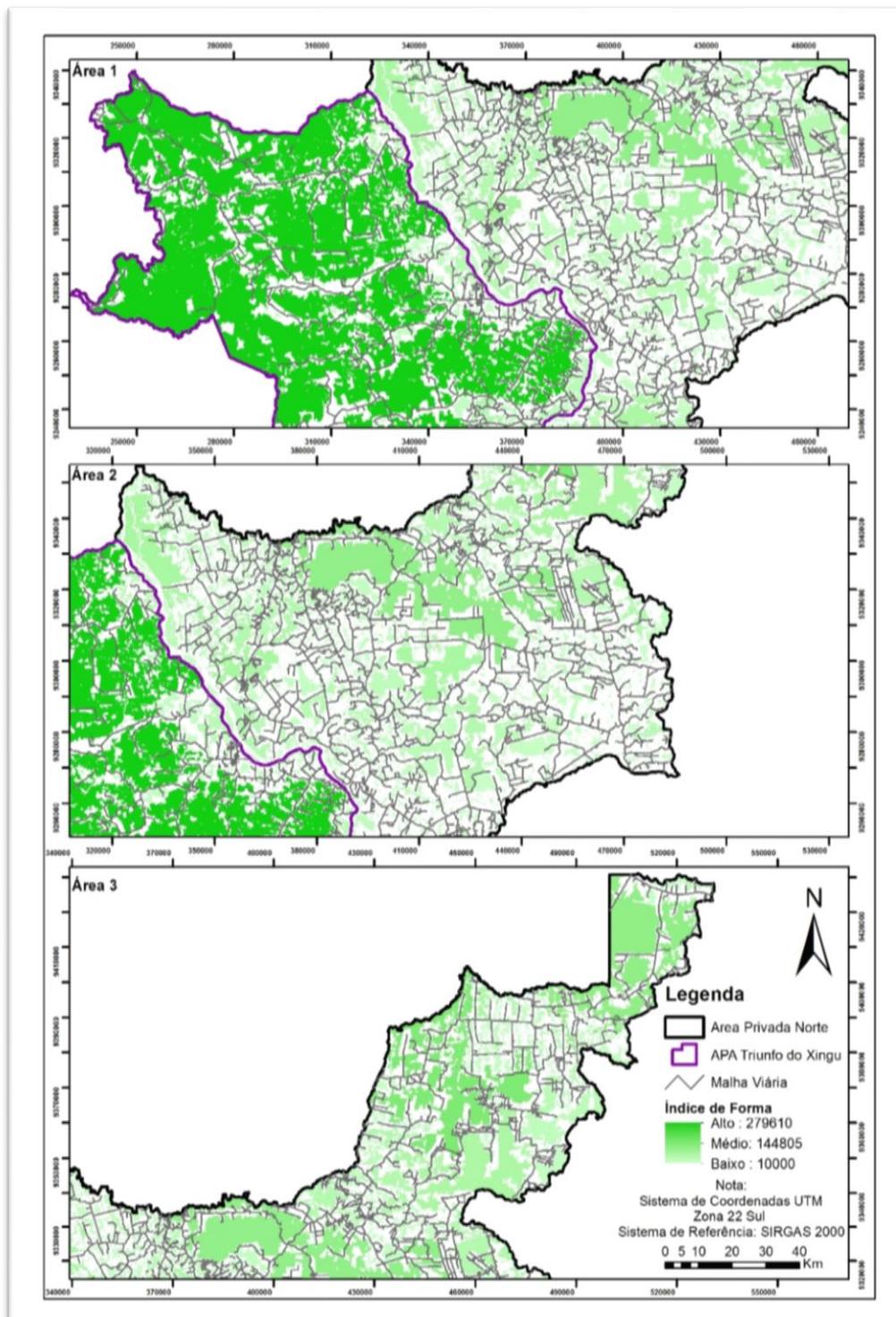


Figura 6 - Índice de Forma da vegetação remanescente – SHAPE. Fonte: do autor

A figura 7 mostra os resultados do índice de contiguidade, no qual podemos observar que os maiores fragmentos da paisagem estão mais conectados e estão inseridos em sua maioria na área 1, onde possui a APA Triunfo do Xingu, já as áreas 2 e 3 possuem também algumas manchas de vegetação com fragmentos grandes no que pode também favorecer a conectividade.

A figura 7 mostra uma variação de contiguidade de baixa média e alta, sendo a classe alta com valor de 0,98 (O limite superior e 1), mostrando que algumas áreas possuem uma grande conectividade entre os fragmentos principalmente dentro da APA Triunfo do Xingu.

Resultados similares foram encontrados no trabalho de Camarinha (2011) onde os valores encontrados foram de 0,94 apresentando também uma grande conectividade entre os fragmentos.

Observa-se na figura 7 diferenças significativa dentro da APA Triunfo do Xingu, na qual expressa alta conectividade entre os fragmentos se comparado com as áreas 2 e 3. Os fragmentos conectados da vegetação demonstram segundo o estudo de Ferreira, Pereira e Thales (2009) a possibilidade da conservação da biota, no entanto, algumas ressalvas são abordadas como: tamanho, grau de conectividade e se o fragmento possui corte de estradas ou outra variação externa.

As classes de média contiguidade na figura 7 possui uma representatividade maior nas áreas 2 e 3, tendo valores de 0,79, indicando uma conectividade menor dentro dos fragmentos, tal fato pode ser justificado por atividades de uso do solo bem como desmatamentos e atividades da economia local.

Já a classe de baixa contiguidade na figura 7 possui valor de 0,59 com fragmentos menores, o que implica em uma menor conectividade para com os fragmentos da mesma classe.

As áreas 1, 2 e 3 da figura 6 (índice de forma) possuem cortes de estradas que em sua maioria estão nas áreas de dominialidade privada, com isso, poderá influenciar na conservação e conectividade da biodiversidade do índice de contiguidade da figura 7. As paisagens que abrange as propriedades privadas corroboram com o estudo de Metzger (2009), no qual possuem características com manchas extremamente heterogêneas com fragmentos de vegetação pequenos e descontínuos.

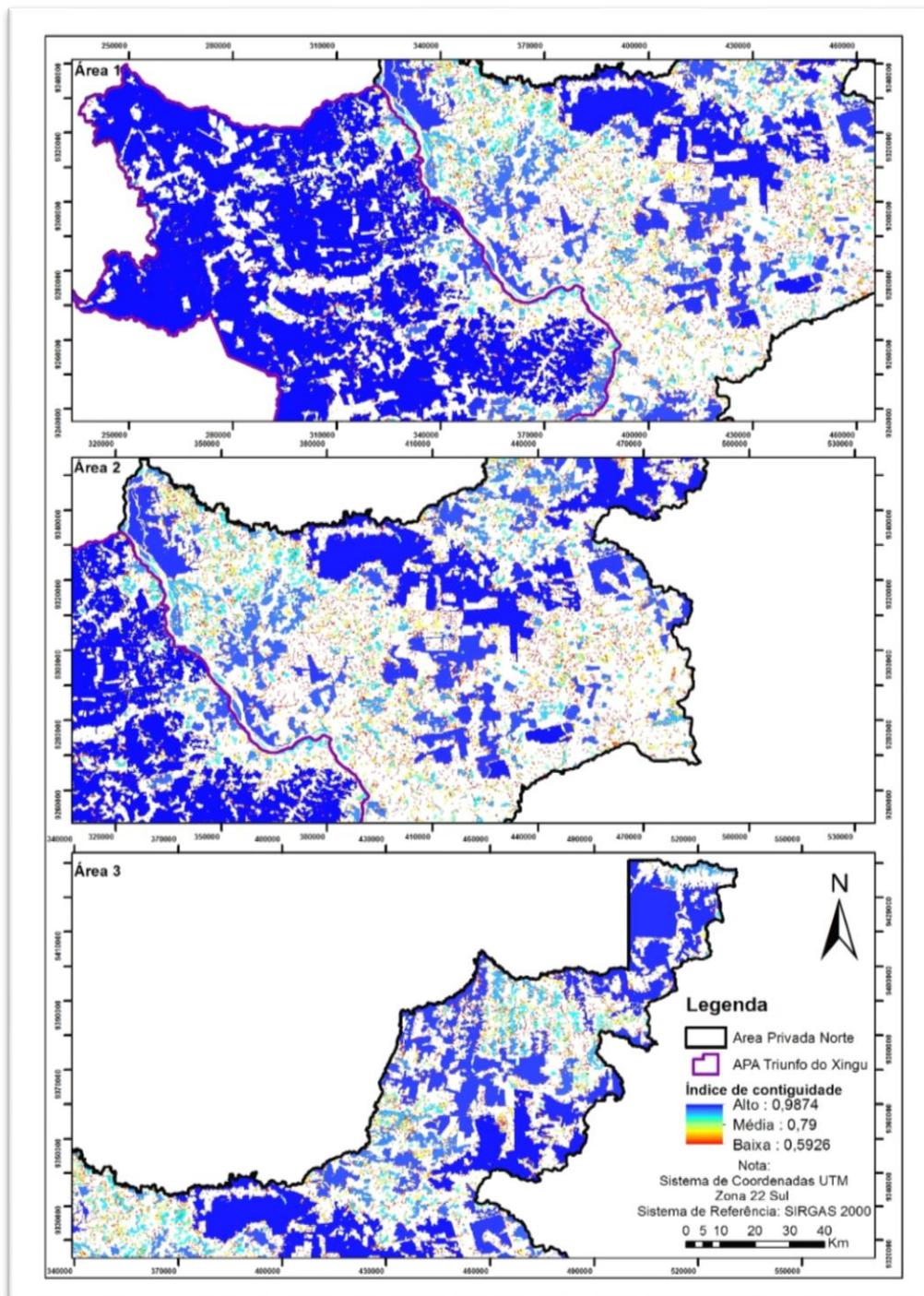


Figura 7 – Índice de Contiguidade da vegetação remanescente - CONTIG. Fonte: do autor

A figura 8 mostra a distância do vizinho mais próximo considerando as classes dos fragmentos de área da tabela 3, onde a distância aumenta para os fragmentos de classes menores, ou seja, de 0 a 4 hectares. Os fragmentos desta classe estão sendo mais representados nas áreas 2 e 3 e são descontínuos conforme já foi apresentado na figura 7 (índice de contiguidade) no que constata para uma perda da conectividade.

Observa-se na figura 8 que as áreas maiores que 4 ha descritas na tabela 3 possuem uma distância do seu vizinho mais próximo de média a baixa, possuindo maior representatividade nas áreas 2 e 3. Com isso, a figura 7 (índice de contiguidade) demonstra também essa relação quanto a conectividade dos fragmentos.

Os processos ecológicos que ocorrem na paisagem segundo Volotão (1998); Metzger (2006) estão intimamente relacionados com a proximidade para com os fragmentos, portanto, as áreas 2 e 3 que constam na figura 8 apresentam resultados que demonstram o isolamento de alguns fragmentos em função das ações antrópicas.

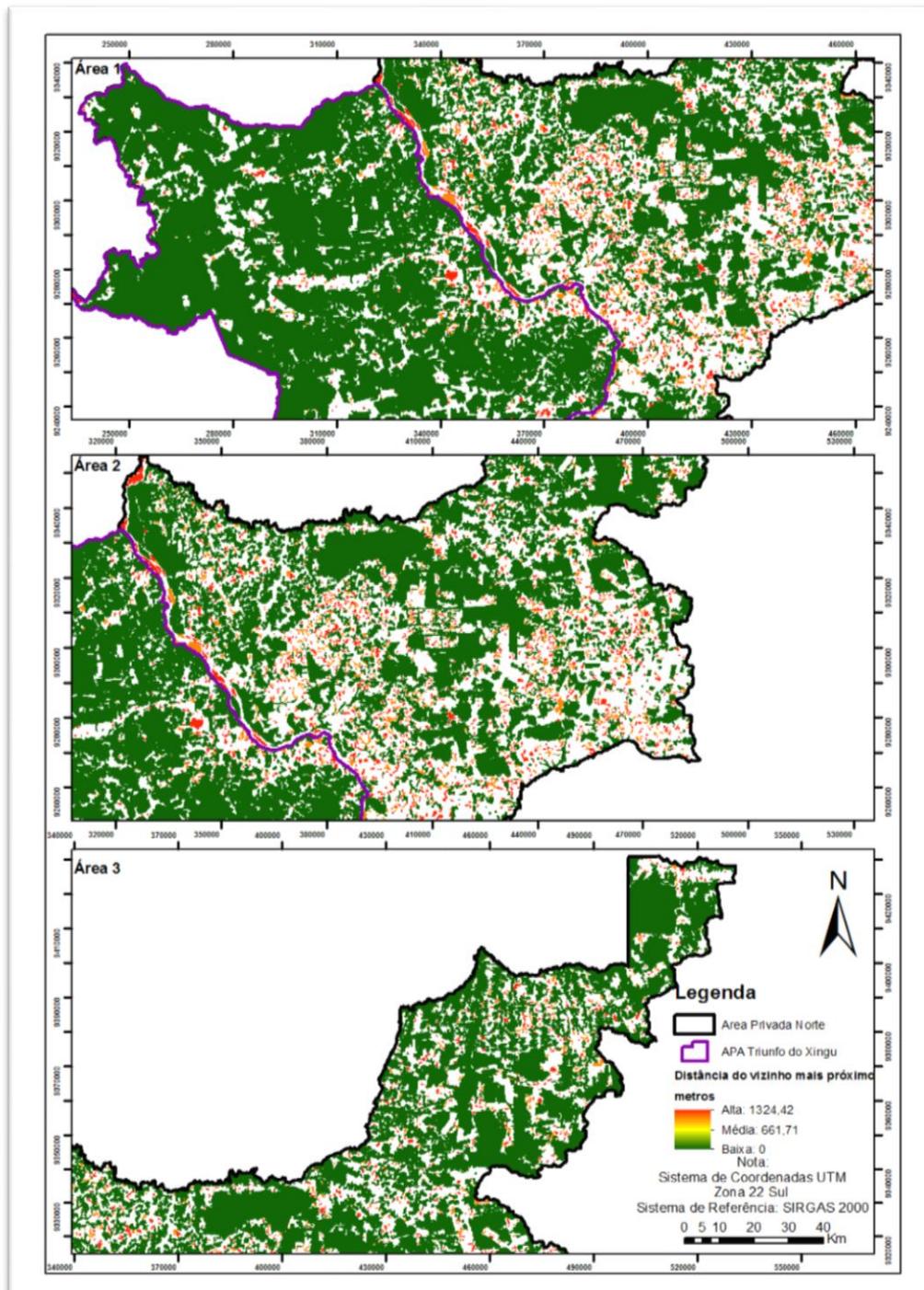


Figura 8 – Distância do vizinho mais próximo da vegetação remanescente Fonte: do autor

Conforme apresentado nas figuras 6, 7 e 8 o resultado do índice de forma LSI para toda paisagem considerando as manchas das classes foi de 1,015 indicando que a paisagem possui

fragmentos desagregados, tal facto é justificado pelos índices de forma e contiguidade. Resultados similares consta no trabalho de Rodrigues (2010), na qual identificou fragmentação da paisagem em series temporais, no que representa também fragmentos em processo de desagregação.

A figura 9 mostra a concentração da degradação ambiental no ano de 2013, mostrando que a área 1 (APA Triunfo do Xingu, indicada na Figura 9 – área 1) vem sofrendo alterações significativas na fragmentação da paisagem devido ao assentamento Pombal. Por se tratar de uma APA os fragmentos possuem aspectos positivos para preservação.

Observa-se também na figura 9 que as áreas 2 e 3 sentidos norte apresentam concentração de degradação florestal alta sendo mais representativa nas áreas privadas que possuem assentamentos.

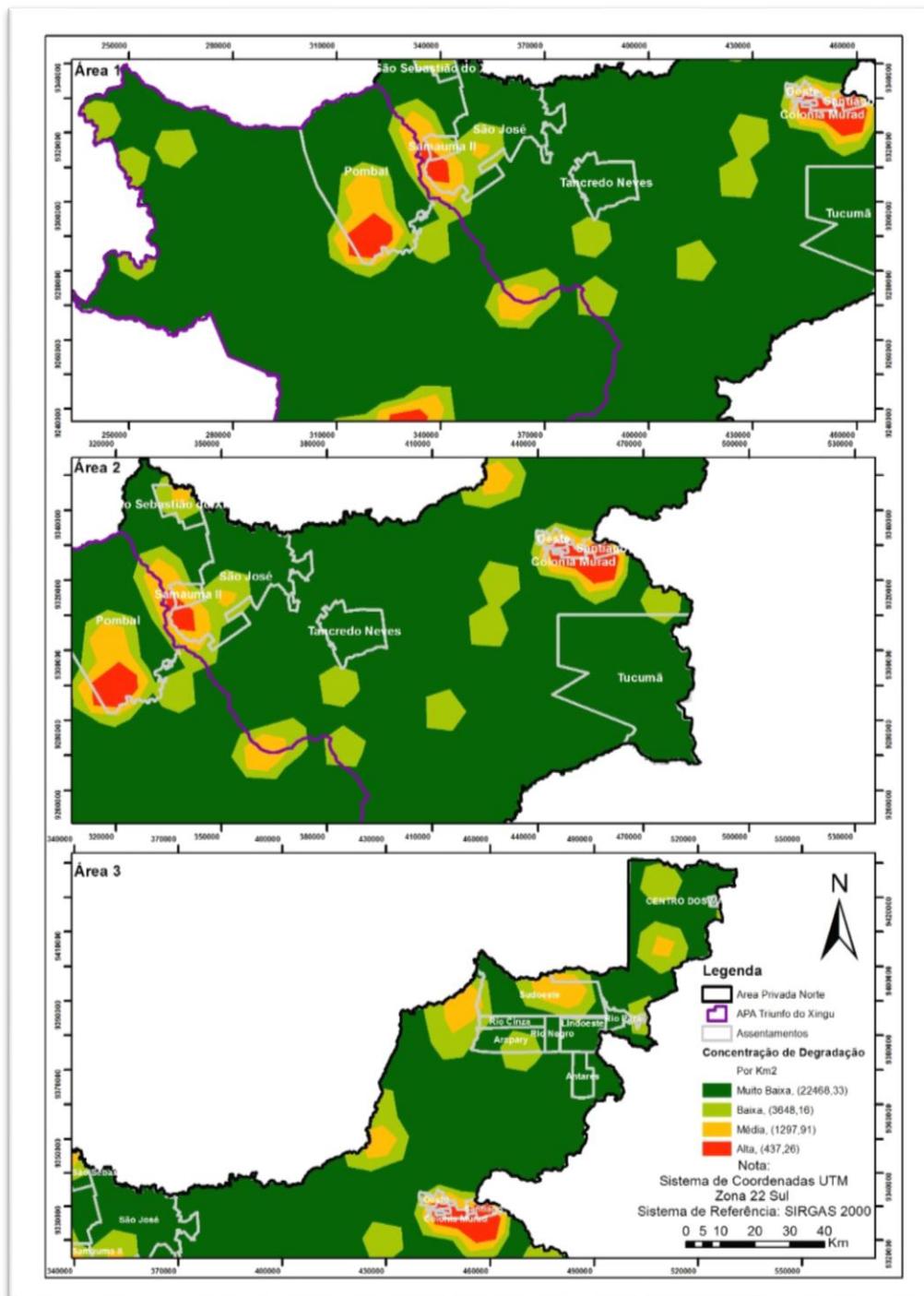


Figura 9 – Densidade de eventos de degradação pelo método *Kernel* relacionado as áreas de assentamentos. Fonte: do autor

#### 4 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O presente trabalho demonstrou que a metodologia utilizada para análise dos remanescentes de vegetação mostrou-se adequada para o entendimento da dinâmica de fragmentação da vegetação remanescente no município São Félix do Xingu.

Os resultados mostraram que os fragmentos menores que 24 hectares categorizados como de pequeno e médio, possuem um alto grau de fragmentação florestal, com isso, observa-se com base nos índices de forma e contiguidade que quanto mais irregular é a geometria da vegetação maior será a influência para o efeito de borda, fazendo com que fragmento restrinja sua função ecológica.

Os índices também apontaram que os fragmentos maiores que 24 hectares possuem boa relação espacial quanto à forma, uma vez que são áreas maiores e bem representativas como a área da unidade de conservação (APA Triunfo do Xingu).

A análise da distância do vizinho mais próximo foi satisfatória considerando as três classes de tamanho, pequeno, médio e grande. As áreas com menor distância, com maiores fragmentos indica maior conectividade com a paisagem se comparado com os fragmentos.

A utilização das métricas dos índices de contiguidade, distância do vizinho mais próximo e o LSI se mostraram satisfatórios para o estudo da situação da fragmentação dos remanescentes florestais, tendo em vista que o valor do índice de forma da paisagem LSI apresentou valor de 1,015, o que denota que no geral a paisagem possui fragmentos em desagregação.

Os resultados dos eventos da degradação ambiental através da densidade de kernel indicou que a paisagem possui 437,26 km<sup>2</sup> de áreas que sofrem altos índices de degradação florestal. Podemos observar também que a APA Triunfo do Xingu possui algumas áreas em processo de fragmentação da vegetação remanescente. A situação de alguns assentamentos como o PA Pombal mostra que existe uma alta concentração de degradação, representando risco para a biodiversidade local.

As áreas privadas da região mais ao norte que abrange outros assentamentos possuem fragmentos isolados no que corrobora para a descontinuidade dos fragmentos florestais. Sugere-se que seja adotado uma malha fundiária para indicação de áreas prioritárias que deverão ser recuperadas para a formação de corredores ecológicos.

A utilização do software Fragstats 4 e do Arcgis 10.2 foi importante como uma ferramenta de análise de métricas da paisagem, sendo recomendável para futuros estudos a complementação deste trabalho. Principalmente no que diz respeito a utilização de outras métricas da paisagem que podem contribuir para um melhor detalhamento nos estudos da dinâmica da fragmentação florestal

Por fim, é importante destacar que as informações geradas neste trabalho são fundamentais para o planejamento e gerenciamento dos recursos naturais, como manejo do solo, pois fornece maior agilidade no processo de tomada de decisões por parte do poder público, onde também, servem de subsídios para o planejamento territorial de maneira sustentável e evitam problemas futuros de ocupação desordenada, garantindo melhor qualidade de vida para a população local.

## 5 REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, C.G. 2008. **Análise espacial dos fragmentos florestais na área do Parque Nacional dos Campos Gerais, Paraná.** 74 f. Dissertação (Mestrado em Gestão do território), Universidade Estadual de Ponta Grossa, Paraná, 2008.
- BRASIL. Lei nº. 12.651, de 25 de maio de 2012. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm)> Acesso em: 23, dez.2015
- CAMARINHA, P. I. M.; ESCADA, M. I. S.; RENNÓ, C. D. 2013. **Padrões espaciais dos remanescentes da Mata Atlântica e elementos que compõem a paisagem da Serra Do Mar no Vale Do Paraíba - Microrregião do Paraíba-Paraitinga.** In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 16. (SBSR), 2013, Foz do Iguaçu, 2013. p. 7663 - 7670.
- CAMARINHA, M.I.P.2011. **Padrões e Processos em Dinâmica de uso e cobertura da terra. Disponível em:** <[http://ess.inpe.br/courses/lib/exe/fetch.php?media=wiki:user:fragstats\\_-\\_pedro\\_camarinha.pdf](http://ess.inpe.br/courses/lib/exe/fetch.php?media=wiki:user:fragstats_-_pedro_camarinha.pdf)>. Acesso em 09 de Out de 2015
- EMPRAPA e INPE 2012. **Dados TerraClass 2012:** Projeto TerraClass. 2012. Disponível em: <[http://www.inpe.br/cra/projetos\\_pesquisas/terraclass2012.php](http://www.inpe.br/cra/projetos_pesquisas/terraclass2012.php)>. Acesso em: 18 out. 2015.
- ESTEVAM, L. S.; PEREIRA, S.A. **As áreas de preservação permanente a luz do novo código florestal.** In: SIMPOSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO,17. (SBSR), 2015, João Pessoa. Anais. São Jose dos Campos: INPE, 2015.p. 2301 – 2308.
- FORMAN, R.T.T. and M. GODRON. 1986. **Landscape ecology.** John Wiley & Sons, New York. 620 pp.
- FORMAN, R.T.T. 1995. **Land Mosaics.** The ecology of landscapes and regions. Cambridge Universtiy Press. Cambridge, 1995
- FERREIRA, L. V.; PEREIRA, J. L. G.; THALES, M. C. 2010. **Grau de fragmentação e isolamento da paisagem na Área de Influência Direta do Aproveitamento Hidrelétrico de Belo Monte no estado do Pará.** In: : Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 14. (SBSR), 2009, Natal. Anais... São José dos Campos: INPE, 2009. p. 2729-2736. DVD, On-line. ISBN 978-85-17-00044-7. Disponível em: <<http://urlib.net/3ERPFQRTBW/348MKKD>>. Acesso em: 10, Dez. 2015.
- HENTZ, A. M. K. 2015. **Avaliação da fragmentação dos remanescentes florestais da Bacia hidrográfica do rio Iguaçu – PR, Brasil.** Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.11 n.21; p. 2015.
- HARGIS, C. D., J. A. Bissonette, and J. L. David. 1998. **The behavior of landscape metrics commonly used in the study of habitat fragmentation.** Landscape Ecol., 13: 167–186.
- INDE 2015. **Visualizador da INDE.** Disponível em: <<http://www.visualizador.inde.gov.br/>>. Acesso em: 15 out. 2015.

- INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). Relatório – Sustentabilidade Ambiental no Brasil – Biodiversidade – Economia e Bem-estar humano 2011. Disponível em: <<[http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/3863/1/Comunicados\\_n78\\_Biodiversidade.pdf](http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/3863/1/Comunicados_n78_Biodiversidade.pdf)>. Acesso em: 10 dez. 2015.
- IBGE 2010. **Pará: São Félix do Xingu**. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=150730>>. Acesso em: 15 out. 2015.
- INPE. 2015. **Mapeamento da degradação florestal na amazônia brasileira: DEGRAD**. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/degrad/dados/>> Acesso em: 01 dez. 2015.
- INPE. **Dados Terraclass 2012**. Disponível em: <[http://www.inpe.br/cra/projetos\\_pesquisas/terraclass2012.php](http://www.inpe.br/cra/projetos_pesquisas/terraclass2012.php)>. Acesso em :13 Out. 2015
- LAURENCE, F.W.; VASCONCELOS, H.2009. **Consequencias ecológicas da fragmentação Florestal na Amazônia**.in: Revista Oecologia Brasiliensis. Doi: 104257.
- LANG, S. & T. BLASCHKE (2009): Análise da Paisagem com SIG. Oficina de Textos, 424p.
- LOPES, N. S.; MOREAU, M. S.; MORAES, M. E. B. **Análise da paisagem com base na Fragmentação – caso APA Pratigi, baixo sul da Bahia, Brasil**. Revista Eletrônica do Prodema, v. 6, n. 1, p. 53-67, 2011.
- METZGER JP, MARTENSEN AC, DIXO M, BERNACCI LC, RIBEIRO MC, TEIXEIRA AMG et al. **Time-lag in biological responses to landscape changes in a highly dynamic Atlantic Forest region**. *Biological Conservation* 2009; 142: 1166-1177. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2009.01.033>
- METZGER, J.P. **Como lidar com regras pouco óbvias para conservação da biodiversidade em paisagens fragmentadas**. *Natureza & Conservação*, p. 11-23, 2006.
- McGARIGAL, K., SA CUSHMAN, and E ENE. 2012. **FRAGSTATS v4: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical and Continuous Maps**. Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts, Amherst. Disponível em: <<http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>>. Acesso em: 16 nov. 2015.
- MMA 2015. **Download de dados geográficos**. Disponível em: <<http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm>>. Acesso em: 16 out. 2015.
- RODRIGUES, J. M. M; SILVA, E. V. da; CAVALCANTI, A. P. B. C. 2010. **Geoecologia das paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental**. 3ªed. Fortaleza: Editora da UFC, 2010.
- RODRIGUES, G. O. 2011. **Análise de métricas da paisagem utilizando o Fragstats 3.3**. Instituto nacional de pesquisas espaciais programa de pós-graduação em ciência do sistema terrestre disciplina – padrões e processos de uso e cobertura da terra.

SANCHES, M. S. P. ; MARQUES, U. C. ; OLIVEIRA, G. H. M. ; BARBOZA, R. S. L. ; SANTOS, G. G. A. . **Conectividade entre fragmentos de matas ciliares no sudoeste da APA do Rio Curiaú-Amapá/AP.** In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2013, Foz do Iguaçu. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013.. São José dos Campos-SP: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2013.

SANDERS, D. A.; HOBBS, R. J.; MARGULES, C. R. **Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review.** Conservation biology, p. 18-32, 1991.

SILVERMAN, B. W. **Density estimation for statistics and data analysis**, London, UK, 1986

VOLOTÃO, C.F. de Sá. 1998. **Trabalho de análise espacial: Métricas do Fragstats.** INPE, São José dos Campos, São Paulo.