

## IMPORTÂNCIA DE REMANESCENTES FLORESTAIS PARA CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE: ESTUDO DE CASO NA MATA ATLÂNTICA EM SERGIPE ATRAVÉS DE SENSORIAMENTO REMOTO

### IMPORTANCE OF FOREST REMNANTS FOR BIODIVERSITY CONSERVATION: CASE STUDY IN THE ATLANTIC FOREST OF SERGIPE THROUGH REMOTE SENSING

André Luiz Conceição Santos  
Colégio Técnico Henrique Hennry, Aracaju, Sergipe  
andrebiota@hotmail.com

Celso Morato de Carvalho  
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia  
Coordenação de Biodiversidade, Manaus, Amazonas  
cmorato@inpa.gov.br

Thiago Morato de Carvalho  
Laboratório de Métricas da Paisagem, Dep. de Geografia/IGEO  
Universidade Federal de Roraima  
thiago.morato@ufrr.br

#### RESUMO

São discutidos aspectos relevantes sobre fragmentos florestados para a conservação da biodiversidade e especificamente são analisados 403 remanescentes florestais (31.000 ha) na mata atlântica de Sergipe através de sensoriamento remoto com base em imagens Spot 5 e fotografias aéreas. Os remanescentes foram categorizados em cinco grupamentos: i) Santa Luzia do Itanhy-Estância, ii) Aracaju-São Cristóvão-Itabaiana, iii) Rosário do Catete, iv) Japarutuba, v) Pacatuba-Japoatã. A maioria dos fragmentos variou entre 17 ó 70 ha; os grupamentos entre Aracaju e Santa Luzia do Itanhy estão entre os maiores. A conectividade entre os fragmentos variou entre 2-19 km; as distâncias médias entre fragmentos variaram em torno de 1 km. Os índices de circularidade variaram entre 0,006-0,31, mostrando prevalência de fragmentos com bordas irregulares.

**Palavras-chave:** remanescentes florestais, sensoriamento remoto, conservação da biodiversidade, mata atlântica, Sergipe.

#### ABSTRACT

Relevant aspects of forests fragments for biodiversity conservation are discussed and specifically analyzed 403 forest remnants (31.000 ha) in the Atlantic forest of Sergipe through remote sensing based on Spot 5 images and aerial photos. The remnants were categorized in five groups: i) Santa Luzia do Itanhy-Estância, ii) Aracaju-São Cristóvão-Itabaiana, iii) Rosário do Catete, iv) Japarutuba, v) Pacatuba-Japoatã. The majority of the fragments varied from 17-70 ha; the groups between Aracaju and Santa Luzia do Itanhy are among the largest ones. The connectivity between the fragments varied from 2-19 km; the mean distances between fragments varied around 1 km. The indices of circularity varied from 0.006-0.31, showing prevalence of fragments with irregular edges.

**Keywords:** forests remnants, remote sensing, biodiversity conservation, Atlantic forest, Sergipe.

## 1. INTRODUÇÃO

O presente texto é dirigido a estudantes de graduação em geografia e biologia, e áreas afins ligadas ao tema apresentado, o qual envolve segmentos da biogeografia, conservação e biodiversidade. Dentro deste mesmo tema, a discussão se estende também para um estudo de caso realizado sobre aspectos relacionados à morfologia de fragmentos florestados na mata atlântica, região de Sergipe, utilizando técnicas de sensoriamento remoto, como exemplo de ferramenta útil para obtenção de dados e interpretação da paisagem.

Dois exemplos gerais sobre biodiversidade e conservação situam bem a importância de conhecermos a morfologia de fragmentos florestais. Com relação à biodiversidade, nós sabemos que animais e plantas têm diferentes níveis de sensibilidade, a qual está intimamente relacionada com o tamanho das áreas onde os organismos vivem. Áreas maiores proporcionam, em geral, mais diversidade de habitats e de recursos alimentares, comportando maior diversidade de espécies, entretanto, áreas menores com vegetação alterada nas bordas pode proporcionar aumento da diversidade, talvez provisoriamente (Chase, 2003; Fahring, 2003; Pardini, 2004). Com relação à conservação, áreas fragmentadas que se interconectam apresentam, em geral, maior potencial para a conservação de muitas espécies, porque os animais podem transitar e trocar genes entre populações, além de aumentar as chances de polinizações entre vegetais de fragmentos florestais distantes (Ranta *et al.*, 1998; Laurance, 1990). Em quaisquer dos casos conhecermos a morfologia dos fragmentos ajuda muito a interpretar a distribuição e a densidade da fauna e flora regionais.

Existem várias formas de obtermos dados sobre a morfologia de um fragmento florestal, que vão desde as verificações pontuais, com base em observações e levantamentos, até a obtenção de dados de literatura, inspeções cartográficas, fotografias aéreas e técnicas de sensoriamento remoto. O ideal é que se utilizem vários métodos, mas nem sempre as abordagens são equitativas, geralmente a ênfase é para um dos métodos. Métodos que valorizam as identificações regionais, como a reambulação (processo que envolve verificações de campo), dão a sintonia fina ó um dos estudos mais completos realizados sobre as regiões brasileiras que deu bastante ênfase às reambulações foi o projeto RadamBrasil, do Ministério das Minas e Energia, realizado nas décadas de 1970 - 1980 (RadamBrasil, 1987). Este detalhado estudo deu a base para entendermos mais sobre os fragmentos florestados, utilizando os métodos então ao alcance.

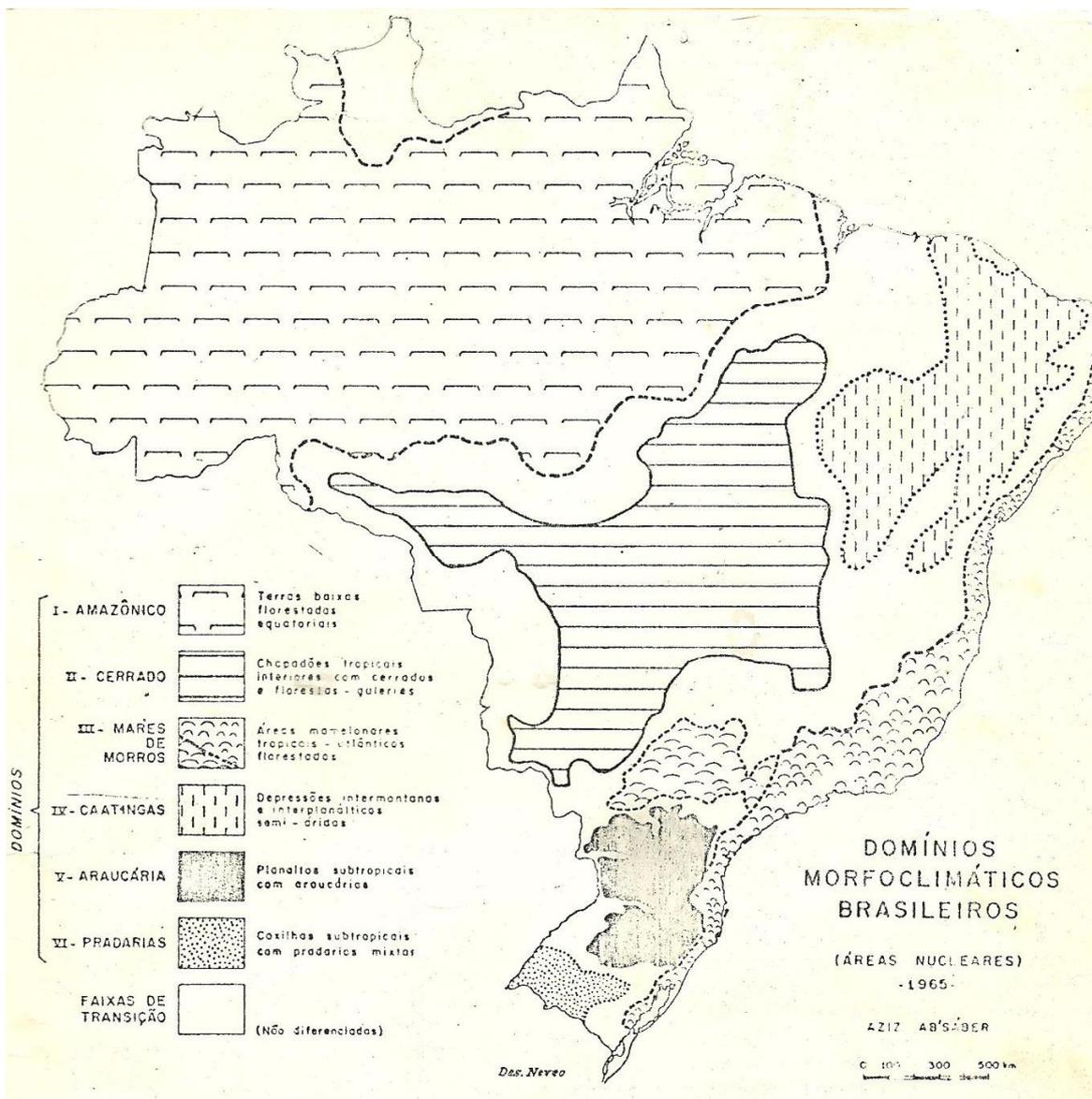
Uma das aproximações muito eficientes para entendermos a morfologia e a distribuição dos remanescentes de mata é através de geotécnicas, as quais nos permitem, entre outras aplicações, monitorar o uso da terra e descrever a vegetação (Richards, 1993). Assim, à preocupação gerada pelo uso da terra da forma atual criou-se demanda para melhor conhecimento a dinâmica das transformações da paisagem (Batistella e Moran, 2007). Foi desta forma que se quantificou o quanto se destrói e já foi destruído de floresta amazônica (Mesquita Jr. *et al.*, 2007), o quanto do cerrado e caatinga já foi transformado para agricultura e o quanto de floresta atlântica já foi utilizado sem planejamento de conservação, restando deste domínio pouco mais de um décimo da sua estrutura original (Dean, 1996; Brasil, 2000). O que restou da floresta atlântica foi uma vegetação fragmentada que requer estudos regionais sobre a estrutura e função destes fragmentos.

### 1.1. Estudos regionais dos fragmentos florestados

Um dos incentivos para a realização de estudos regionais sobre os fragmentos florestais é a geração de informações que podem tomar dois caminhos no ciclo da formação do conhecimento. O primeiro diz respeito aos meios acadêmicos, onde poderão circular os conhecimentos básicos gerados pelo estudo, enriquecendo argumentos sobre conservação, biodiversidade e uso racional dos recursos naturais. A outra via é direcionada para os meios oficiais dos tomadores de decisões, os quais vêm intensificando projetos e discussões que visam o planejamento regional para uma política ambiental coerente e eficiente. Assim, colaborar com informações sobre os remanescentes regionais de vegetação nos permite elaborar projeções futuras de possíveis cenários para políticas ambientais. Ao nível de ecossistemas continentais estas informações se somam a outras para contribuir na caracterização do que restou de florestas antes contínuas, por exemplo, a vegetação do domínio morfoclimático da mata atlântica.

## 1.2. Domínios morfoclimáticos brasileiros: a floresta atlântica

O geógrafo brasileiro Aziz Nacib Ab'Sáber foi quem propôs um dos modelos mais completos para caracterizar as paisagens brasileiras. O trabalho clássico de Ab'Sáber (1967) teve como base as relações existentes entre cinco parâmetros físicos de escala subcontinental: relevo, clima, solos, vegetação e hidrografia. Quando estes fatores se sobrepõem indicam que estamos na área core de um grande ecossistema (core, de coração). Este modelo foi denominado de domínios morfoclimáticos por Ab'Sáber (1967): mata atlântica, caatinga (o menor deles), cerrado, hiléia e as feições mais regionais das áreas abertas dos campos sulinos, as matas de araucária e o lavrado da região de Roraima no extremo norte. Na terminologia original de Ab'Sáber teremos os domínios: amazônico, cerrado, mares de morros, caatingas, araucária e pradarias do sul; entre os domínios ocorrem áreas de transição (Figura 1).



**Figura 1** - Mapa adaptado da ilustração original de Ab'Sáber (1967): Domínios morfoclimáticos e províncias fitogeográficas do Brasil. (Orientação, Dep. Geografia Univ. S. Paulo 3:45-48).

Neste contexto situa-se a mata atlântica, inserida no domínio denominado por Ab'Sáber de õmares de morrosõ florestados, devido às feições do relevo formado por montes pouco elevados (100-200 metros), com os topos suavemente arredondados moldados em climas mais úmidos do que os atuais (Ab'Sáber, 2003). Este domínio se estende para o sul entre as latitudes aproximadas 5° no Rio Grande do Norte até cerca de 30° no Rio Grande do Sul. É a área de influência do domínio tropical atlântico, que compreende quase toda a costa do Brasil. As constantes chuvas e a alta umidade fizeram da água o principal agente modelador da paisagem do domínio atlântico, de modo que o relevo adquiriu formas de morros arredondados no topo ó "meia laranja" na descrição de Ab'Sáber. O clima quente e úmido, com temperaturas médias elevadas o ano todo, foi o principal fator para o desenvolvimento das então densas florestas costeiras, hoje muito depauperadas.

Uma peculiaridade de importância geográfica e ecológica é que dentro dos domínios morfoclimáticos ocorrem paisagens de exceção, por exemplo, os enclaves (ou encraves) de cerrado dentro da caatinga na região de Mucugê, na Bahia (aproximadamente 13°00' S, 41°22'W). A explicação para tais enclaves está na ocorrência local de fatores de exceção de ordem climática, geomorfológica e paleobotânica, influenciados principalmente pelas oscilações climáticas do passado. Dentre estas flutuações do clima, as mais recentes que alternaram épocas glaciais e interglaciais ocorreram aproximadamente entre 20.000-10.000 anos atrás. Neste período, durante épocas glaciais o ar ficou mais seco e houve retração de florestas; durante as interglaciais o ar ficou mais úmido e as matas coalesceram.

Estas oscilações da floresta deixam marcas na forma de vegetações relictuais. Assim, podemos reconhecer os enclaves de cerrado dentro da floresta atlântica e da caatinga como relictos de vegetação, entretanto não se conhecem bons exemplos de relictos de caatinga dentro da mata atlântica ou do cerrado (Ab'Sáber, 1977), porque a caatinga não se estabelece em regiões com pluviosidade acima de 800 mm (Vanzolini, 1986). Uma das formas para perceber a presença de uma vegetação semiárida onde hoje é floresta é através das linhas de pedra. Uma linha de pedra é o testemunho da superfície antiga, evidenciado em cortes de barrancos de estradas. Sob um clima semiárido, a superfície possui grandes extensões pedregosas, formada por quartzo ou quartzitos irregulares, como é hoje na caatinga. Na região amazônica temos muitos exemplos de linhas de pedra, indicando que a mata já foi mais seca do que é hoje, descontínua e fragmentada. Com base nesta premissa, o zoólogo Paulo Emilio Vanzolini e o seu colega Ernst Williams propuseram em 1970 um modelo de especiação em lagartos; os dois zoólogos denominaram de refúgios para os fragmentos na região amazônica (Vanzolini e Williams, 1970). Independentemente o geólogo Jürgen Haffer no final de 1969 chegou ao mesmo modelo de especiação em aves amazônicas nos refúgios florestados por entre áreas mais abertas (Haffer, 1969). A paleobotânica Maria Lucia Absy tem encontrado várias evidências de áreas abertas e fechadas amazônicas, com evidências de ciclos paleoclimáticos onde ocorreram fragmentações da floresta, através da análise de polens fósseis (Absy e Van Der Hammen, 1976). Outra forma para reconhecermos a presença de áreas abertas onde hoje é mata, é através de métodos radioativos que analisam as relações entre os isótopos de carbono C13 e C14 (Pessenda *et al.*, 2004).

Dentre outros modelos para descrever formações vegetais destaca-se o modelo das províncias fitogeográficas, proposto pelo botânico Carlos de Toledo Rizzini na década de 1960, que também descreve as formações vegetais brasileiras com base em similaridades florísticas regionais (Rizzini, 1963, 1979). É um bom modelo, porém muito compartimentado; por si só a florística não deixa claro o contexto geral onde um ambiente em particular está geográfica e ecologicamente inserido. A mata de Mucugê, na Bahia (Harley e Simmons, 1986), é um bom exemplo ó se utilizarmos critérios florísticos para situá-la, uma espécie rara que ali ocorresse estaria distribuída no cerrado ou na caatinga? Neste sentido, o modelo de Ab'Sáber é mais completo para definir ecossistemas, pois considera a sobreposição de fatores geomorfológicos, climáticos, hidrológicos, pedológicos e botânicos em escala subcontinental. Esta escala é uma ordem de grandeza abaixo da continental, o que permite abrigar várias fácies regionais de vegetação dentro de um mesmo domínio. Isto garante a unidade e integridade dentro de ecossistemas, permitindo melhor entendimento das variações existentes.

### 1.3. Remanescentes de floresta atlântica e modelos ecológicos

O que restou hoje de mata atlântica está espalhado em fragmentos de tamanhos variados, frequentemente separados entre si por paisagens degradadas, cultivares diversos, como a cana de açúcar e o cacau, e criação de animais (Ranta *et al.*, 1998). Uma forma de entender ecologicamente estes remanescentes de mata atlântica é tentar olhar para eles sob a ótica do modelo da biogeografia de ilhas de MacArthur e Wilson (1967). De forma geral, este modelo tem como base o número de espécies que uma ilha poderá suportar, dependendo da área, com base no balanço entre as taxas de imigração e extinção. Como os fragmentos de floresta podem ser visualizados como *öilhasö*, o modelo de MacArthur e Wilson foi adaptado para entender o que sobrou de mata atlântica (Gascon *et al.*, 2001).

Várias questões podem ser incluídas neste modelo de biogeografia de ilha, por exemplo: Qual o tamanho mínimo de um fragmento florestal capaz de manter as populações que abriga acima dos níveis críticos que poderiam levar uma ou mais espécies à extinção local? Com relação à proximidade entre fragmentos e conectividade, o que poderia ser melhor para manter populações dentro dos níveis de sobrevivência regional: fragmentos próximos uns dos outros ou mais distantes, isolados ou interligados por corredores? Com relação ao tamanho de fragmentos, áreas maiores poderão comportar maior número de indivíduos? Possivelmente fragmentos maiores tenham mais condições de abrigar maior número de espécies, devido a sediarem maior variedade de habitats, microhabitats e recursos alimentares. Além disso, áreas maiores poderiam comportar diversas populações, portanto a perda de uma população em algum ponto provavelmente não levaria aquela espécie à extinção local. Pequenas áreas, ao contrário, tendem a abrigar menor número de indivíduos e também populações menores, as quais seriam mais vulneráveis às variações nos genes, à deriva genética e aos demais problemas relacionados ao tamanho reduzido de populações (Aguilar-Santelises e Castillo, 2013; Primack e Rodrigues, 2001).

Ainda sobre a conectividade, nós sabemos que a perda da ligação entre os fragmentos florestais acarreta consideráveis mudanças na estrutura e dinâmica das populações. Dentre estas principais mudanças nós podemos citar a redução do potencial de dispersão e colonização das espécies e, conseqüentemente, a diminuição do fluxo gênico entre populações. Isto certamente afeta diversas interações ecológicas, como polinização, competição, predação, e afeta também o comportamento das espécies mais sensíveis (Ranta *et al.*, 1998; Pardini *et al.*, 2005). As barreiras na paisagem modificada geralmente aparecem como faixas de ambiente aberto entre dois fragmentos. Estas áreas abertas entre fragmentos florestados podem impedir a travessia de espécies de vertebrados e invertebrados, principalmente insetos. Isto dificulta a recolonização dos fragmentos por outras espécies, após a população original ter desaparecido (Lovejoy *et al.*, 1986; Bierregaard *et al.*, 1992). Portanto, áreas fragmentadas interconectadas apresentam maior potencial para a conservação, porque a fauna pode transitar entre fragmentos florestais e com isso levar polens e sementes, o que aumenta as chances de restauração vegetal de áreas degradadas, além de promover a troca de genes entre as populações (Metzger, 2000).

Outro modelo relacionado aos fragmentos de mata é o de metapopulações. Um dos pressupostos deste modelo é que as extinções locais podem ser balanceadas por recolonização proveniente de populações de fragmentos florestais vizinhos (Metzger, 1999; Willis, 2006; Hayden e Pianka, 1999). Neste ponto uma pergunta é pertinente: Quais os fatores que levam uma metapopulação a se extinguir? A extinção de uma metapopulação se deve a dois fatores principais: a diminuição do tamanho médio do fragmento e a redução da densidade (aumento do grau de isolamento) do fragmento ó no geral, a quanto maior o tamanho (área) e conectividade entre fragmentos, mais robusta a conservação das espécies (Pardini *et al.*, 2005). Neste aspecto ambos os modelos ó biogeografia de ilhas e metapopulações ó se assemelham, o primeiro se fundamenta na ecologia de comunidades e o segundo é baseado em estudos sobre dinâmica de populações.

Os modelos apresentados neste tópico fazem referência à influência da morfologia dos fragmentos florestais sobre a dinâmica de populações e ecologia das comunidades. Outra questão pertinente sobre a mata reduzida a fragmentos é: Quais fatores estão relacionados à diversidade de espécies?

## 1.4. Biodiversidade nos remanescentes de mata atlântica

São vários os fatores que podem promover a diversidade biológica de uma região, hábitat ou comunidade. Na mata atlântica, por exemplo, um destes fatores foi o ciclo de expansões e retrações de florestas, principalmente durante o Pleistoceno há 20.000-10.000 anos atrás (AbôSáber, 1967; Vanzolini, 1986). Neste contexto, a história evolutiva da mata atlântica tem sido caracterizada por diferentes graus de conexão com a floresta amazônica, promovendo intercâmbio ou isolamento da biota que levaram à diversidade genética e especiação geográfica (Silva *et al.*, 2004; Costa, 2003). Assim, a biota da mata atlântica é formada por elementos muito antigos que trocaram genes em toda a extensão das áreas florestadas, incluindo as conexões com a mata amazônica, como também por elementos que se diferenciaram mais recentemente durante o Pleistoceno devido às interrupções do fluxo gênico em algumas populações (Vanzolini, 1988).

A diversidade de espécies e os endemismos da mata atlântica podem também estar relacionados a outros fatores, como latitude, longitude e altitude. Com relação à latitude, a mata atlântica se estende por aproximadamente 25° seguindo a costa do Rio Grande do Norte ao Rio Grande do Sul, abrangendo várias zonas climáticas e formações vegetais, com uma extensão aproximada de 3.700 km. Se considerarmos que: i) as espécies apresentam cada qual o seu conjunto de adaptações, ii) este conjunto de adaptações está em sintonia direta com o ambiente imediato, iii) o ambiente não é uniforme ao longo das variações de latitude é então nós podemos fazer algumas considerações importantes. Por exemplo, podemos entender porque espécies se substituem de sul para norte da mata atlântica (vicariância), como ocorre, por exemplo, com algumas espécies de lagartos do gênero *Anolis*. Também temos variações clinais (Lamar, 2003), as quais são modificações gradativas em um ou alguns caracteres morfológicos definidores da espécie ao longo da área de ocorrência, que pode ser analisado de acordo com a latitude.

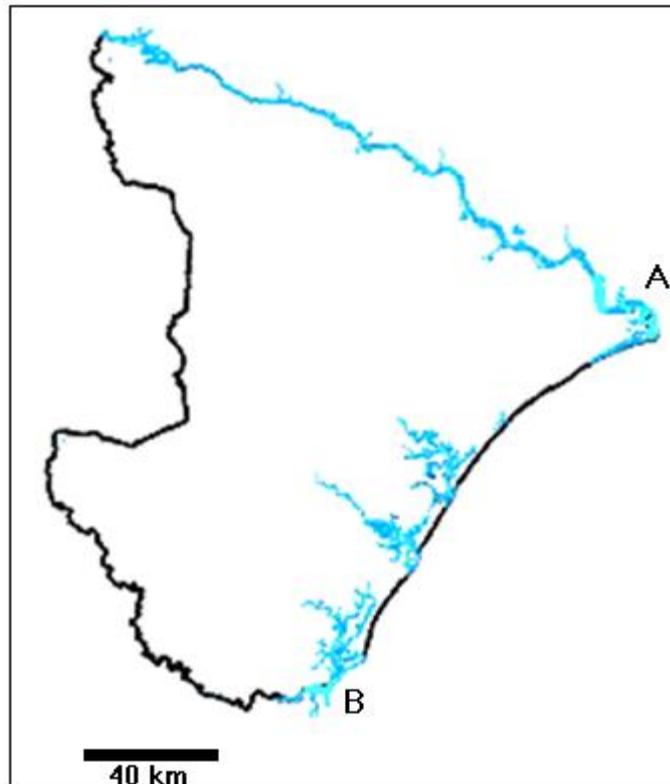
Com relação à variação longitudinal, tomemos como exemplo a Serra do Mar. Nós podemos observar que, à medida que nos deslocamos para o interior do continente, os índices de pluviosidade caem de 4.000 mm para 1.000 mm em algumas áreas (Oliveira-Filho e Fontes, 2000; Mantovani, 2003). É claro que isto afeta várias adaptações das espécies, como os aspectos reprodutivos. A altitude também exerce influências sobre a diversidade, porque a mata atlântica cobre terrenos que variam do nível do mar até 2.700 metros, com mudanças abruptas na temperatura média do ar (Mantovani, 2003). A junção desses três fatores cria uma variedade de paisagens e situações, cuja diversidade de ambientes explica, pelo menos em parte, a diversidade biológica deste domínio atlântico. Reduzir esta complexidade a fragmentos de hábitats acarretam muitos problemas para as espécies sobreviverem.

Para finalizar esta apresentação nós tecemos breves comentários para ilustrar a importância dos fragmentos florestais como promotores da manutenção da biodiversidade, tomando como exemplo o domínio dos ômares de morrosô de AbôSáber: em números aproximados nós temos no domínio da mata atlântica 1030 espécies de aves e 180 endêmicas (Brasil, 2000; Moreira-Lima, 2013); 400 espécies de anfíbios e 300 endêmicas (Forlani *et al.*, 2010); 250 espécies de mamíferos e 55 endêmicas (Reis *et al.*, 2006; Brasil, 2002); 197 espécies de répteis e 60 endêmicas (Farlani *et al.*, 2010; Brasil, 2000); 20.000 espécies vegetais, com alta proporção de endemismos (Stehmann *et al.*, 2009). Todas estas espécies dependem em algum parâmetro dos seus nichos (nicho = conjunto de adaptações) dos recursos disponíveis nos fragmentos florestais da mata atlântica (Pianka, 1994; De Vivo, 1997).

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. Estudo de caso: localização geográfica e delimitação da área de estudo

Esta parte da discussão apresenta um estudo de caso sobre a morfologia de fragmentos florestais em região de mata atlântica em Sergipe (Figura 2). A intenção é discutir com estudantes de graduação em geografia e biologia métodos de avaliações da paisagem, além de contribuir com informações que possam ser utilizadas na consolidação de projetos oficiais para a conservação da natureza, especificamente na região sergipana, que tem um complexo de vegetação composta por mata atlântica, agreste (uma caatinga mitigada) e caatinga (Carvalho e Vilar, 2005).



**Figura 2** - Área do estudo de caso: floresta atlântica, entre a foz do rio São Francisco (A) e o complexo de manguezais dos rios Piauí/Fundo e Real (B), com extensão de 150km, Sergipe.

Na região sergipana ocorrem fragmentos de mata rodeados por áreas totalmente descaracterizadas da sua vegetação original. De fato, o processo de ocupação da região de Sergipe foi estabelecido de forma desordenada desde o início, como em todas as demais áreas deste domínio (Dean, 1996). Assim, a maior parte da cobertura florestal do estado foi substituída por uma paisagem fragmentada, constituída por remanescentes florestais desarticulados e cercados por pastagens, áreas urbanas e um complexo de pequenas e médias propriedades agrícolas, além de outras formas de uso da terra. Originalmente as áreas florestadas de Sergipe ocupavam toda a faixa litorânea do estado. Com a chegada dos colonos europeus, na primeira metade do século XVI, teve início o processo de devastação da floresta atlântica sergipana, primeiramente com a exploração do pau-brasil e depois com o ciclo da cana-de-açúcar.

O clima regional nestas feições de morros é litorâneo úmido, sob forte influência dos ventos alísios de sudeste. A precipitação pluviométrica varia entre 1.000 e 1.400 mm anuais, enquanto que no sertão a precipitação anual é inferior a 800 mm. Com relação à hidrografia, os rios sergipanos são alóctones, nascem em outras regiões, como por exemplo, o rio São Francisco que tem suas nascentes na Serra da Canastra, em Minas Gerais. Peculiar da zona costeira de Sergipe são os manguezais, localizados no rio São Francisco, nos estuários dos rios Japarutuba, Sergipe, Vaza-Barris, Piauí, Fundo e Real.

Este conjunto de características permite situar a região de Sergipe em três ecossistemas distintos (Carvalho e Vilar, 2005). Do sertão em direção ao litoral, nós temos um conjunto de serras baixas e planícies, assentado sob um chão pedregoso (quartzos e quartzitos), onde ocorrem afloramentos rochosos conhecidos como lajeiros; a vegetação predominante é de cactáceas, faveleiras e catingueiras, que são arvoretas baixas e ficam brancas na seca; os corpos d'água são alóctones e os pequenos riachos são intermitentes, têm água durante curto período de chuvas, as quais variam entre 500-800 mm ao ano. Este é o domínio morfoclimático da caatinga.

Prosseguindo para o litoral, ocorre uma região mais plana, com presença de serras baixas, mas sem formar os característicos pedimentos, porque estes são formados apenas nos climas semiáridos; a vegetação é mais verde, mas ocorrem também cactáceas esparsas e arvoretas diversas, bem como algumas árvores mais encorpadas. A impressão que dá é que este ambiente parece uma caatinga, mas é mais verde, a temperatura é mais amena, a vegetação é mais diversa e mais verde; os riachos aparecem com mais água e o chão não tem as pedras fragmentadas de quartzo ou quartzito, como é na caatinga. Este ecossistema só ocorre no nordeste, é o agreste.

Próximo ao litoral, o relevo é constituído por morros de topo arredondados, a maioria sem a vegetação nativa; os riachos ficam mais encorpados e estão sempre com água, mesmo que pouca, dependendo da época do ano; ocorrem cordões litorâneos de lagoas compridas e areias brancas; as cactáceas são raras, não ocorrem faveleiras ou catingueiras. A presença de gramíneas é bastante evidente; as árvores são bem encorpadas, mesmo que depauperadas, formando folhiço no chão, onde não ocorrem pedras fragmentadas; o dossel das árvores maiores às vezes dá impressão de formarem um conjunto quando agrupadas; ocorrem muitas epífitas na mata. Esta é a descrição típica do domínio morfoclimático da mata atlântica.

## 2.2. Geomorfologia e geoprocessamento

Para delimitar a área de estudo, região da mata atlântica de Sergipe, foi utilizado o modelo de domínios morfoclimáticos de Ab'Saber (1967, 2003). As áreas de mata na região estão muito descaracterizadas devido às transformações em pastagens, agricultura e retirada de madeira, restando os fragmentos em pequenas porções, com diferentes níveis de conectividades entre estes. Desta forma, a área de mata atlântica foi caracterizada pelo relevo, constituído por morros em forma de meia laranja, caráter geomorfológico que permite determinar a região de estudo. Os demais descritores de um domínio ó hidrografia, solos, clima e vegetação ó fornecem baixo poder de determinação nesta região, porque a escala é muito grande e estes descritores são eficientes para caracterizar grandes ecossistemas. Já o relevo é excelente para caracterizar a mata atlântica da área de estudo.

A determinação do relevo da área de estudo foi feita através de imagens da *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) ó Missão Topográfica de Radar Transportado. As imagens SRTM, são modelos digitais de elevação (MDE), cujo relevo é apresentado em três dimensões: latitude, longitude e altitude. São dois os produtos SRTM distribuídos pela *United States Geological Survey Eros Data Center* ó USGS EDC: os da SRTM-1, somente para os Estados Unidos e os produtos da SRTM-3, que são distribuídos globalmente. As imagens são disponibilizadas em diversos endereços eletrônicos (exemplo da Embrapa). As imagens utilizadas neste estudo foram da SRTM-3, obtidas através da página da Embrapa <http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>. Elas foram utilizadas para caracterizar o relevo da mata atlântica da região de Sergipe (Carvalho e Bayer, 2008; Carvalho, 2009).

Os perfis topográficos são importantes para identificar variações (irregularidades) do relevo das diferentes unidades geomorfológicas de determinada região (Carvalho e Bayer, 2008). Neste estudo foi utilizado o software de sensoriamento remoto ENVI 4.3, para a interpretação, geração do mosaico de imagens da SRTM da região de Sergipe e obtenção dos perfis. Dessa forma, foram traçados três perfis topográficos na imagem para caracterizar o relevo da Mata atlântica sergipana (Figuras 3-6).

Foram utilizadas imagens do satélite Spot-5, cedidas pela Superintendência de Recursos Hídricos da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Sergipe. Na composição da área de estudo foram utilizadas nove cenas do satélite Spot-5, cobrindo toda a região de interesse, cada imagem com três bandas multiespectrais e resolução espacial de 10 m x 10 m. A escala de trabalho representa a ampliação ou a redução da imagem sem modificar o seu conteúdo radiométrico (Moreira, 2001). Este procedimento foi utilizado neste estudo para facilitar a visualização e distinção dos fragmentos florestais, como também para ser obtida melhor vetorização e menor erro de área dos fragmentos. A escala de trabalho utilizada na análise visual das imagens foi variável, devido às ampliações e reduções das imagens.

Dentre os dois tipos para analisar imagens ó automática e visual ó, foi adotado o segundo. A análise da imagem através de interpretação visual teve como base o procedimento descrito por Florenzano (2002). Este

procedimento interpreta a imagem diretamente na tela do computador, através do ENVI, utilizando elementos básicos de interpretação, como a cor, textura, forma, tonalidade, tamanho, sombra, padrão, adjacências e a localização geográfica (Florenzano, 2002; Moreira, 2003). A composição colorida ó RGB (Red-Green-Blue) foi utilizada visando uma melhor discriminação e caracterização dos diferentes alvos na imagem. A composição utilizada foi 4R, 2G, 1B, o que significa que às bandas foram associadas cores: banda 1 cor azul (faixa azul - 0,446 a 0,500 m), banda 2 cor verde (faixa verde - 0,500 a 0,578 m) e banda 4 vermelha (faixa vermelha - 0,620 a 0,700 m). Durante a fase das análises de interpretação da imagem também foram utilizados filtros e aplicadas modificações no histograma do ENVI, com o objetivo de realçar os polígonos (fragmentos florestais), facilitando a sua distinção em certas áreas da imagem. As figuras 7 e 9 exemplificam a melhor visualização e distinção dos fragmentos florestais na imagem tratada com filtros em relação àquela sem este tratamento. O filtro destaca mais a imagem. Desta forma foi processada a extração de informações na própria imagem. Esse tipo de interpretação foi realizado em associação com trabalhos de campo, o que possibilitou uma interpretação mais confiável.

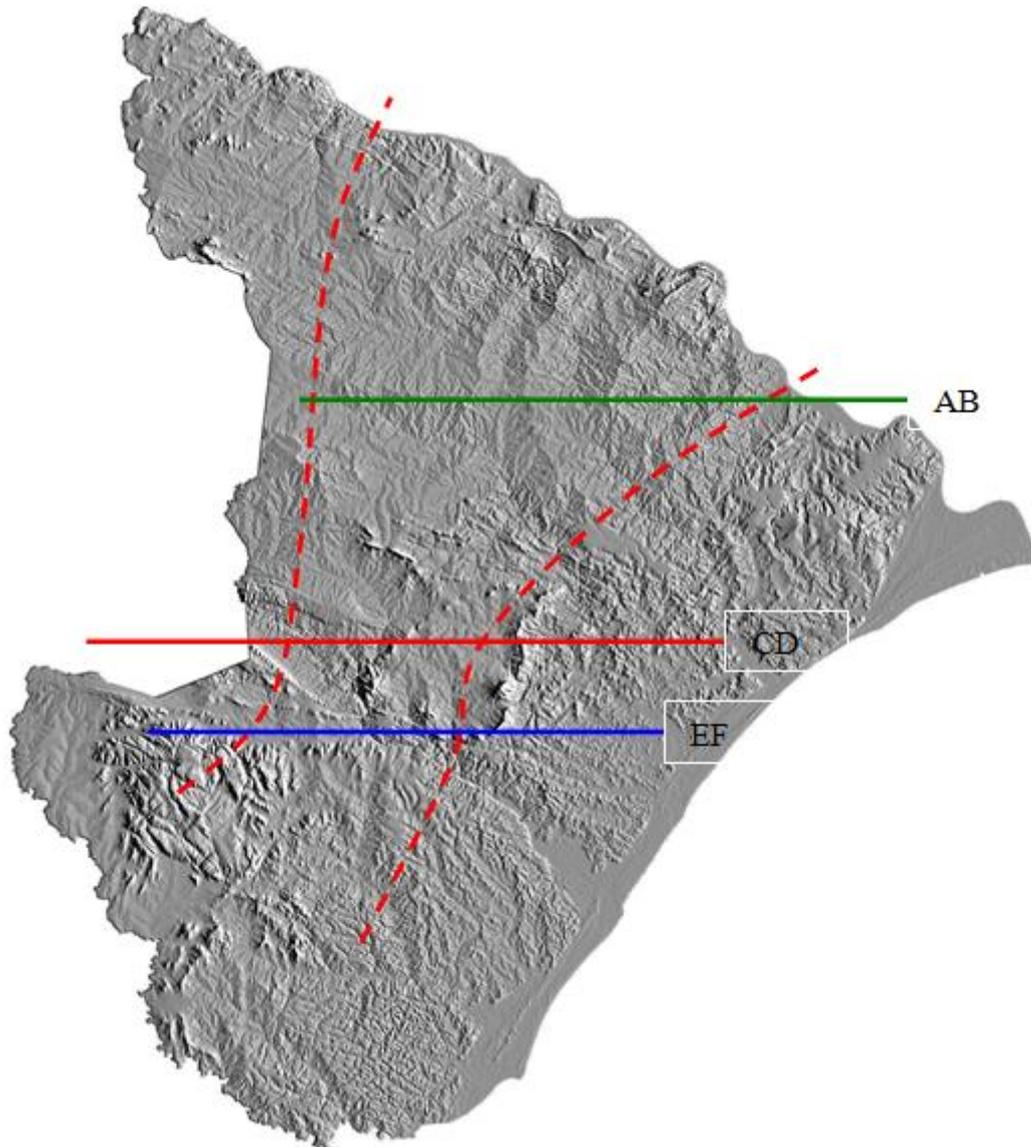
As análises das imagens foram completadas com a interpretação de fotografias aéreas na escala de 1:25.000 para avaliar alguns fragmentos que a imagem de satélite apresentou dubiedade de interpretação. Estas fotografias, que foram obtidas no vôo aerofotogramétrico realizado em 2003, compõem a base cartográfica dos municípios litorâneos (Polo Costa dos Coqueirais) do Estado de Sergipe (Oliveira, 2004). O material cartográfico foi disponibilizado para consulta na Gerência de Informações Geográficas e Cartográficas da Secretaria de Planejamento de Sergipe.

Neste trabalho adotou-se como critério uma área mínima para os polígonos (fragmentos florestais) em torno de 170.000 m<sup>2</sup>, correspondentes a 17 ha (ou um quadrado de 412 metros de lado). O tamanho desta área mínima foi arbitrário, com base indireta em informações da literatura, e depende muito da espécie, é claro que espécies maiores necessitarão de áreas maiores para viverem. Por exemplo, Ferrari (2005) estima que uma área de 1-5 ha possa abrigar de um grupo de saguis, *Callitryx jacchus*; Bicca-Marques *et al.* (2006) estimam que macacos-prego, *Cebus apella*, necessitam de uma área de até 12-80 ha para viverem. Outros mamíferos, de grande e pequeno porte necessitam de áreas com tamanhos variáveis para sobreviverem. Há também os polinizadores, como morcegos e abelhas, que necessitam de abrigos e área para buscar recursos e quanto maior a área maior a diversidade de recursos. Assim, neste trabalho uma área de 17 ha foi considerada razoável para ser analisada, além do que, áreas menores trariam problemas de interpretação com os métodos que nós utilizamos (Batistella e Moran, 2007).

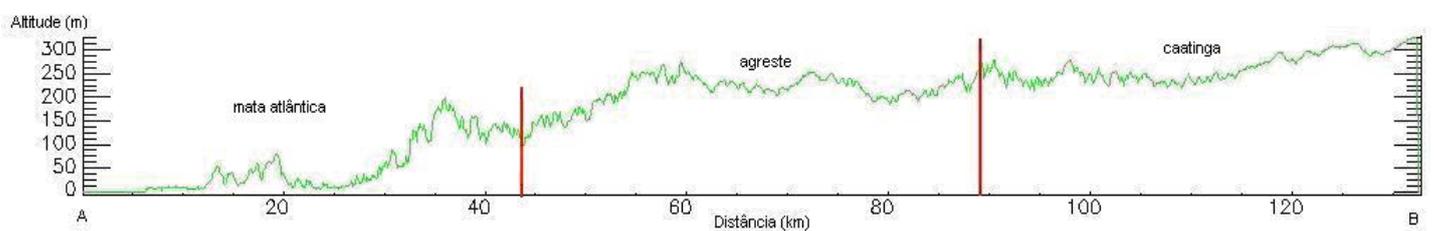
A forma dos fragmentos de uma área anteriormente coberta por matas mais contínuas pode variar não só no tamanho, mas também na forma, dependendo do tipo de ação a que foi submetido o hábitat. Um índice que fornece indicações sobre a forma é o de circularidade, que avalia o recorte da borda. Quanto menos recortado mais circular é o fragmento, forma avaliada através da relação entre a área do fragmento e a área do círculo de mesmo perímetro (Christofolletti, 1974). Para bacias hidrográficas, quanto maior o índice de circularidade, maior o perigo de enchentes, pois haverá concentração de água no tributário principal (Rocha e Kurtz, 2001). Quanto mais próximo de 1 maior a forma arredondada, de acordo com este índice.

É dito também que quanto mais arredondada for a margem do fragmento, menor o efeito de borda. Este efeito pode ser definido como sendo aquele exercido por comunidades adjacentes sobre a estrutura das populações do ecótono, resultando em aumento da variedade de espécies e na densidade populacional (Aciesp, 1997). Neste conceito, quando ambos os sistemas são naturais, é razoável supor que nas bordas de ambos possam ocorrer espécies de um e de outro sistema, aumentando a biodiversidade. Porém, quando um sistema é natural e o outro artificial, pode ocorrer um desarranjo para o lado do sistema natural.

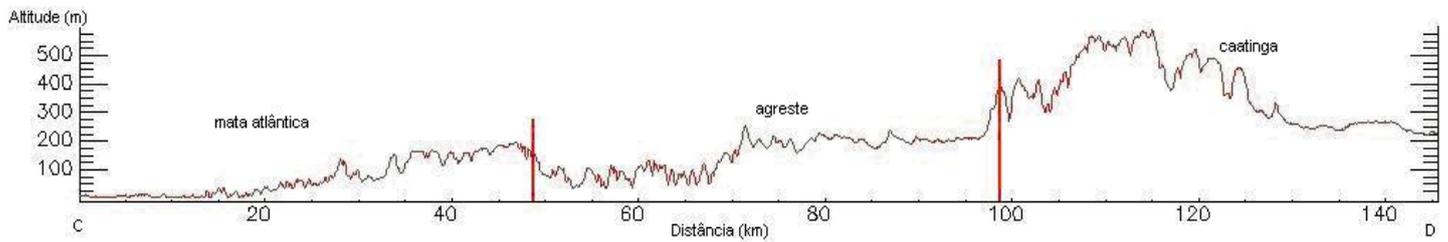
Assim, outra maneira de interpretar o efeito de borda é olhando para a influência que o exterior pode exercer para o centro do fragmento, porque nos pedaços de mata mais circulares o centro do fragmento está mais distante das bordas, portanto mais protegido das influências externas ó fragmentos com as bordas irregulares têm mais borda e serão susceptíveis às perturbações antrópicas (Brasil, 2003; Ranta *et al.*, 1998).



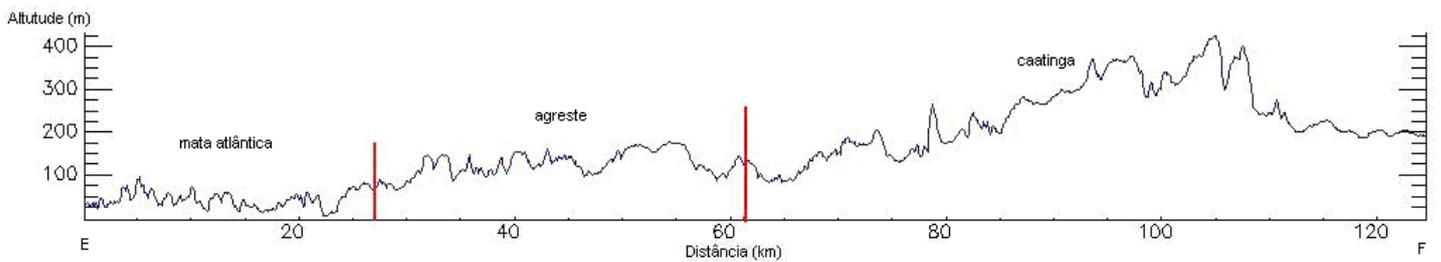
**Figura 3** - Imagem SRTM, transectos, caracterização do relevo de Sergipe: AB 10°15'S mata atlântica, agreste e caatinga - CD 10°50'S mata atlântica, agreste e caatinga - EF 11°00'S mata atlântica, agreste e caatinga.



**Figura 4** - Perfil topográfico, imagem SRTM: transecto AB, 10°15'S, mata atlântica, agreste e caatinga.



**Figura 5** - Perfil topográfico, imagem SRTM: transecto CD, 10°50'S, mata atlântica, agreste e caatinga.



**Figura 6** - Perfil topográfico, imagem SRTM: transecto EF, 11°00'S, mata atlântica, agreste e caatinga.



Figura 7

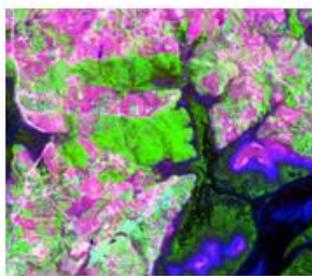


Figura 8

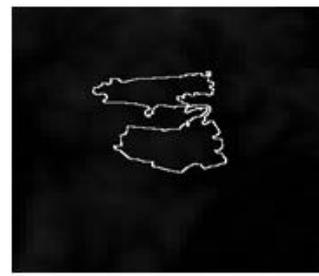


Figura 9

**Figuras 7 a 9** - Cenas Spot-5: imagem sem o tratamento de filtro (Fig. 7), com o tratamento de filtro (Fig. 8) e vetores dos fragmentos florestais isolados (Fig. 9).

### 2.3. Perguntas e hipóteses específicas do estudo

Esta parte abrange os métodos descritos acima, os quais foram adotados para responder perguntas específicas, dentro das indagações gerais que nortearam o estudo, com relação à distribuição, localização e tamanho dos fragmentos de mata atlântica da região de Sergipe. As perguntas específicas são:

*i) Quantos fragmentos florestados ainda ocorrem na região sergipana de Mata atlântica?*

Esta pergunta é básica e será respondida contando diretamente os remanescentes ao longo da costa da região sergipana, com auxílio das imagens.

*ii) Como estão distribuídos os remanescentes de mata atlântica na região de Sergipe?*

Os habitats em natureza podem estar distribuídos de forma agrupada, ao acaso ou uniforme. Em cada caso isso reflete o uso da terra e tem implicações sobre a distribuição da fauna e composição das espécies. Existe uniformidade na distribuição dos remanescentes florestados sergipanos?

Hipótese: A distribuição dos fragmentos é uniforme e não permite agrupamentos.

Variável: distância entre fragmentos, i.e., os remanescentes próximos poderão ser agrupados e separados dos demais.

Verificação da hipótese: Exclusivamente visual, através da inspeção dos fragmentos nas imagens, filtrados e separados da vegetação de manguezais e das restingas. Os fragmentos foram agrupados e a decisão de refutar ou não a hipótese foi que se os fragmentos pudessem ser distintamente agrupados a hipótese de homogeneidade seria refutada.

*iii) Como caracterizar os fragmentos de mata atlântica de Sergipe com relação ao tamanho?*

Habitats dentro de um sistema ecológico podem ser homogêneos com relação ao tamanho. Isto traz implicações sobre a capacidade de cada habitat em sustentar um máximo de espécies e também traz implicações com relação à perda de espécies. Estas considerações são importantes com relação à diversidade e conservação. Existem diferenças significativas entre os tamanhos dos fragmentos de mata sergipanos?

Hipótese: Não há diferenças significativas entre os tamanhos de fragmentos.

Variável: área dos fragmentos (ha).

Verificação da hipótese: Foram determinadas as áreas (ha) de 30 fragmentos amostrados aleatoriamente dentro dos grupamentos de remanescentes (ver segunda pergunta). As áreas dos remanescentes foram obtidas diretamente do aplicativo ENVI. Assim, com a informação das áreas de cada um dos fragmentos, foi possível obter as áreas totais de cada um dos grupamentos. Foi feita ainda a distribuição estatística das 30 amostras (fragmentos) de cada grupamento e análise de variância com um fator para verificar a homogeneidade das médias dos tamanhos dos fragmentos entre os grupamentos.

*iv) Como caracterizar os fragmentos com relação à conectividade entre si?*

Habitats dentro de um sistema ecológico podem estar totalmente conectados entre si, parcialmente conectados ou pode haver nenhuma conexão. Isto tem implicações sobre a distribuição da biota e principalmente com relação às trocas gênicas entre populações, o que traz implicações sobre a diversidade. Qual o grau de conectividade existente entre os fragmentos sergipanos de mata atlântica?

Hipótese: Não há nenhuma conectividade entre os fragmentos.

Variáveis: distância entre os fragmentos dentro de cada grupamento de remanescentes e distância entre os grupamentos.

Verificação da hipótese: dentro de cada grupamento foram obtidas as menores e maiores distâncias entre os fragmentos. Como é possível quantificar o número de fragmentos e visualizá-los agrupados, foi feita distribuições de frequências das distâncias entre fragmentos, cujas distâncias foram arranjadas em 20 classes, com amplitude entre 6-2800 metros e intervalo de 139.7 metros. Em cada distribuição foram verificadas as frequências relativas simples e acumulada, a qual fornece valores de probabilidade para observações de quaisquer classes da distribuição.

v) *Qual o formato dos remanescentes florestados de Sergipe?*

O formato dos habitats reflete muito sobre a capacidade destes em sustentar espécies. Um habitat que tem 500 metros por 15 metros pode ser ecologicamente diferente de um que tenha 85 metros por 85 metros. Existem diferenças quanto à forma arredondada dos fragmentos florestados da região de Sergipe?

Hipótese: Os fragmentos sergipanos de mata atlântica têm proporções iguais quanto à forma arredondada.

Variáveis: Forma dos fragmentos, avaliada através de índices de circularidade.

Verificação da hipótese: Foram calculados os índices de circularidade dos fragmentos através da relação  $\text{índice de circularidade} = 40000 \times \pi \times \text{área em ha} / \text{perímetro}^2$  em metros (Chaturvedi, 1926). Os índices variaram entre 0.006 e 1.28 e foram distribuídos em 4 classes com intervalo de 0.31 nos 5 grupamentos de fragmentos. Os tamanhos foram agrupados em 4 classes, as quais serviram de base para verificarmos as distribuições de frequências dos índices de circularidade. A idéia de apresentar os índices de circularidade foi feita mais no sentido de apresentar elementos e sugestões para estudos desta natureza na região da mata atlântica de Sergipe.

vi) *Como é a estrutura de um fragmento de mata na região de Sergipe?*

Esta pergunta tem resposta descritiva e em parte é ilustrada. A amostragem da fisionomia da vegetação de um fragmento, feita através de um transecto, foi realizada na Unidade de Conservação Refúgio de Vida Silvestre da Mata do Junco, município de Capela (10°32'S, 37°03'W). Foi escolhida uma área ao acaso e percorrido um transecto de 100 metros, sobre o qual foram amostradas as árvores numa distância de 3 metros para cada lado. O tamanho da amostra foi 600 m<sup>2</sup> (6 x 100 metros). Na amostragem, que foi visual, foram estimadas as alturas dos indivíduos com circunferência à altura do peito igual ou maior do que 15 centímetros. Com base nestes caracteres foi realizado um esquema que mostrasse o perfil deste transecto e caracterizasse a fisionomia de um fragmento.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Os fragmentos de mata atlântica de Sergipe

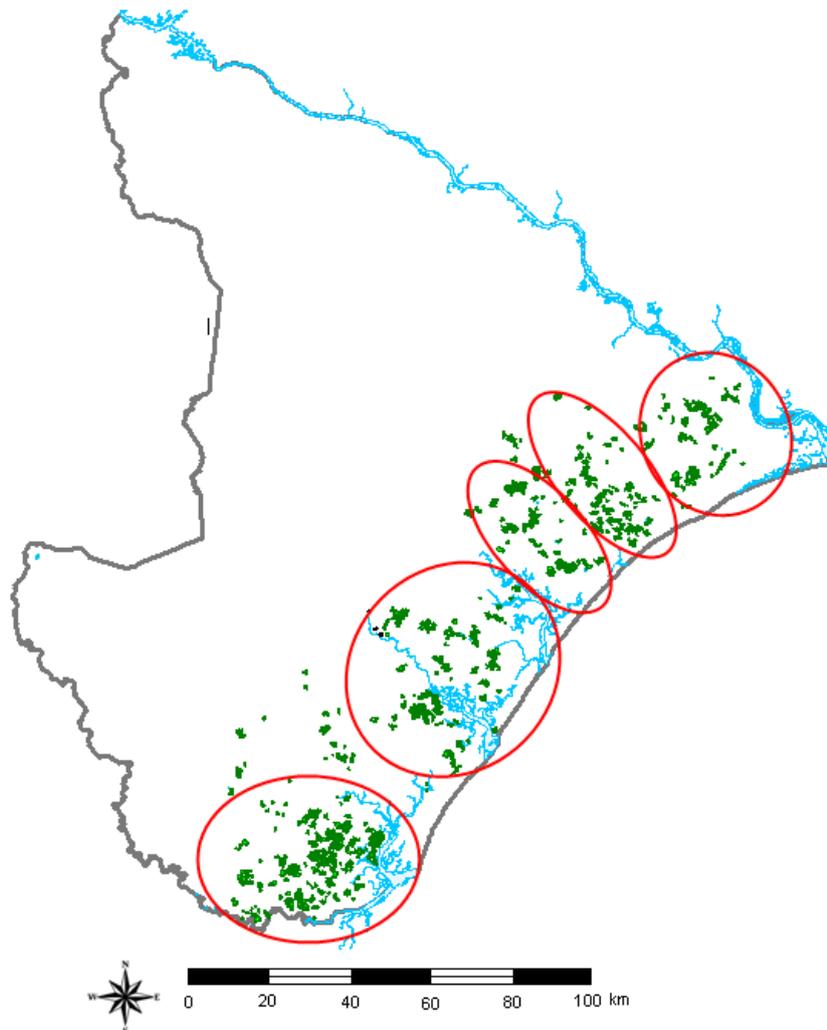
Foram mapeados 403 fragmentos de mata atlântica que compõem uma área aproximada de 31.000 hectares (310 km<sup>2</sup>) (ver também Governo de Sergipe, 1976). Se considerarmos que a área do estado de Sergipe é cerca de 22.000 km<sup>2</sup> e que a região de mata atlântica compreende pouco menos de 1/3 do estado (o restante é agreste e caatinga), então este domínio tem cerca de 7.000 km<sup>2</sup> na região. Se considerarmos ainda que perto de 30% desta área, aproximadamente 2.500 km<sup>2</sup>, é formado por restingas e manguezais, então desta área geográfica ocupada pela mata atlântica, apenas 6,8% (aproximadamente) representa a cobertura florestada, representada pelos fragmentos. Esta redução da vegetação em Sergipe reflete o que ocorreu em todo o domínio da mata atlântica, que já perdeu mais de 80% da sua vegetação (Brasil, 2000; Myers *et al.*,

2000). A intensa redução da cobertura florestal regional traz implicações sobre a composição e distribuição de espécies vegetais e animais. Os mamíferos de grande e médio porte e as aves são os primeiros animais a sentirem a fragmentação de seus habitats, porque afeta as suas áreas de vida reduzindo os recursos. Os pequenos animais também são afetados, primeiro aqueles que têm alta sensibilidade. Desse modo e particularmente em Sergipe, algumas espécies da região que tinham distribuição mais ampla, hoje estão restritas a pequenas porções de seus antigos habitats. Como exemplo deste processo que pode levar a perda da diversidade, temos o macaco guigó (*Callicebus coimbrai*), endêmico em alguns fragmentos de Sergipe. O grau de ameaça para estas espécies está diretamente ligado ao nível de fragmentação e antropização destes ambientes.

O grau de fragmentação de um habitat ou conjunto de habitats regionais pode ser avaliado através de diversos índices, tamanho, forma e conectividade destes habitats, que acabam por funcionar como ilhas (MacArthur e Wilson, 1967). Quanto menor for a área de um fragmento de mata e maior o grau de isolamento, então menor será a conectividade entre os fragmentos restantes, menor a movimentação dos animais entre fragmentos. As fragmentações também podem acarretar redução das taxas de imigração e emigração, e recolonização das espécies, acarretando diminuição do fluxo gênico entre as populações e aumentando as chances de extinção local. Muitos dos animais que integram as guildas que vivem nestes ambientes são polinizadores, como os morcegos e abelhas. Se a movimentação destes animais for limitada por barreiras geradas pelo processo de fragmentação, as plantas que dependem destes animais para manutenção da reprodução serão também afetadas.

### 3.2. Distribuição espacial dos remanescentes de mata atlântica na região de Sergipe

Uma vez determinado as posições geográficas e as áreas dos fragmentos florestados de Sergipe, foi possível verificar como estão distribuídos, através da simples inspeção visual da imagem (Figura 10). A distribuição destes fragmentos não é uniforme, formam cinco grupamentos ao longo da área onde se distribuem. As regiões que servem de referência para os fragmentos são: i) Santa Luzia do Itanhý (11°21'S, 37°26'W) ó Estância (11°16'S, 37°26'W), ii) Aracaju (10°54'S, 37°04'W) ó São Cristóvão (11°00'S, 37°12'W) ó Itabaiana (10°41'S, 37°25'W), iii) Rosário do Catete (10°41'S, 37°01'W), iv) Japaratuba (10°35'S, 36°56'W), v) Pacatuba (10°27'S, 36°39'W) ó Japoatã (10°20'S, 36°48'W).



**Figura 10** - Distribuição dos fragmentos de mata atlântica de Sergipe.

**i) Grupamento de fragmentos Santa Luzia do Itanhy-Estância:**

Neste grupamento, situado na região sul de Sergipe, foram mapeados 108 fragmentos, os quais compõem 10.000 hectares (32% aproximadamente) de área florestada. É o maior grupamento em número de fragmentos e também o mais denso. Com base nas análises da imagem e nas observações de campo foi verificado que este grupamento comporta os fragmentos florestais em melhor estado de conservação da região de Sergipe. A presença de propriedades particulares na região, que não utiliza a mata extensivamente para atividades de agricultura e pecuária, pode ser o fator preponderante para a conservação destes fragmentos. Nesta região está localizado o maior fragmento de mata atlântica de Sergipe, denominado mata do Crasto, com cerca de 1.000 ha (10% da área de fragmentos da região).

**ii) Grupamento de fragmentos Aracaju-São Cristóvão-Itabaiana:**

Este grupamento tem 65 fragmentos, com 8.000 hectares de área florestada (26% aproximadamente). É o terceiro em número de fragmentos e o segundo em densidade. Os fragmentos deste grupamento são bastante desarticulados, cuja desarticulação pode estar relacionada ao uso da terra, exercendo forte pressão antrópica sobre os ecossistemas naturais da região e afetando de diversas formas a biodiversidade desta área. Relato sobre a biodiversidade da região relacionada a problemas antrópicos na região pode ser encontrado na descrição dos ambientes do Parque Nacional Serra de Itabaiana (10°40'S, 37°27'W) (ver Carvalho e Vilar, 2005). Dentre os fatores que podem estar relacionados com a devastação e perturbação destes remanescentes, podemos citar o desordenado processo de ocupação e o rápido crescimento populacional desta região. Por exemplo, o município de Aracaju apresenta a maior concentração populacional do estado, com cerca de

571.000 habitantes (IBGE, 2010), aos quais se somam as populações dos municípios de São Cristóvão, Nossa Senhora do Socorro e Itabaiana.

iii) Grupamento de fragmentos Rosário do Catete:

Neste grupamento foram mapeados 45 fragmentos, com 4.600 ha de cobertura florestal (15% aproximadamente). É o segundo menor dos grupamentos, cujos fragmentos também são os mais desarticulados dentre os demais grupos. Era uma região de engenho de cana-de-açúcar, talvez seja esta a razão de ter tão baixa cobertura florestal.

iv) Grupamento de fragmentos Japarutuba:

Neste grupamento foram mapeados 80 fragmentos, com área florestada de 3.400 ha (11% aproximadamente). É o segundo grupamento com maior número de fragmentos, mas é o primeiro em baixa densidade florestada, devido aos fragmentos serem pequenos. Juntamente com o grupamento anterior, Rosário do Catete, apresenta os fragmentos mais desarticulados dentre todos.

v) Grupamento florestado Pacatuba ó Japoatã:

Este grupamento tem 39 fragmentos e densidade florestada de 3.900 ha (12,5% aproximadamente). Estes remanescentes de mata estão inseridos na região situada entre o Oceano Atlântico e o rio São Francisco, formando uma importante zona estuarina na deste rio. Nesta área estão presentes extensas áreas de mangue e restingas. Originalmente esta área deveria ter sido muito interessante do ponto de vista ecológico, porque provavelmente áreas de mangue, restingas e matas deveriam se intercalar em vários níveis, estabelecendo uma paisagem que hoje não pode mais ser observada. Nestas áreas assim intercaladas deveriam ocorrer muitas relações relacionadas ao efeito de borda, porque estes ecossistemas distintos certamente abrigariam fauna e flora adaptada aos diferentes habitats. É uma região onde devem ser incentivados estudos ecológicos, devido a esta diversidade de habitats.

vi) Os fragmentos isolados:

Alguns fragmentos que ocorrem na porção sul e norte de Sergipe não puderam ser agrupados. Na região entre os grupamentos de fragmentos Aracaju ó São Cristóvão ó Itabaiana e Santa Luzia do Itanhy ó Estância ocorre um punhado de fragmentos espalhados, que não formam grupamentos nítidos. São pequenas manchas de mata, em torno de 40 ha cada uma, perfazendo uma área aproximada de 1.000 ha (cerca de 3,2 %). São fragmentos importantes, justamente por estarem bastante desarticulados. Os fragmentos da região de Santa Luzia do Itanhy estão mais próximos entre si, o que permite com que as populações possam trocar genes, apesar das limitações de ambientes fragmentados. Nestes fragmentos isolados as trocas gênicas podem ser mais limitadas ainda de ocorrer. Na porção norte de Sergipe também ocorre um fragmento com cerca de 100 ha (cerca de 0,3%), o qual não se conecta a nenhum outro, mas aparece nitidamente nas imagens.

### 3.3. Concentrações de fragmentos

Da região de Aracaju para o sul, até o complexo de rios Piauí-Fundo-Real, região de Santa Luzia do Itanhy e Estância, nós temos as maiores concentrações de fragmentos de mata secundária e capoeiras de Sergipe, perfazendo aproximadamente 18.000 ha de pedaços de mata atlântica com vários graus de articulações e conectividades distribuídos em 173 fragmentos de floresta secundária, com variados níveis de preservação. De modo geral, a ocupação de Sergipe ocorreu de forma desordenada. Isto deu origem a um complexo de pequenas e médias propriedades agrícolas com diversos usos, principalmente pastagens e lavouras, com destaque para as grandes plantações de cana-de-açúcar e coqueiros. Além da agricultura e pecuária, a região tem como uso da terra a exploração de recursos minerais, como por exemplo, o petróleo, gás natural, sal gema, o potássio e o calcário. Associado a isto a região de mata atlântica se caracteriza por apresentar a maior densidade populacional de Sergipe. Isto gerou uma rápida e intensa mudança no uso e ocupação da terra, cuja consequência foi a expansão das cidades e de seus pólos industriais, gerando rápida e

intensa redução nas áreas florestadas da região. Estes eventos acarretaram drástica redução da cobertura vegetal da floresta atlântica, cujo processo de degradação ainda não terminou, o que causará sérios danos sobre a biodiversidade local.

### 3.4. Caracterização dos fragmentos de Mata atlântica de Sergipe com relação à área

O menor tamanho dos fragmentos de cada grupamento é conforme critério adotado para tamanho mínimo é foi em torno de 17 ha e o maior aproximadamente 450 ha, predominando os menores tamanhos em todos os fragmentos (Tabelas 1 e 2). As variações de tamanho entre os fragmentos foram significativas quando comparadas as médias de 30 fragmentos, incluídas os maiores e os menores ( $F_{0,05(1)4,145} = 2.828$ ,  $p < 0.05$ , Tabelas 3 e 4).

**Tabela 1** - Classes de tamanho (ha) dos fragmentos de floresta atlântica de Sergipe (agrupados).

I	17,1 - 72,5
II	72,6 - 128,0
III	128,1 - 183,5
IV	183,6 - 239,5
V	239,1 - 294,5
VI	294,6 - 350,0
VII	350,1 - 405,5
VIII	405,6 - 461,0

**Tabela 2** - Distribuição de frequências das classes de tamanhos (ha) dos fragmentos de floresta atlântica de Sergipe.

Classe	Santa Luzia- Estância	Luzia- Aracaju- SCristóvão- Itabaiana	Rosário do Catete	Japarutuba	Pacatuba- Japoatã
I	19	16	15	26	19
II	6	8	4	2	3
III	0	0	4	0	3
IV	1	1	1	0	3
V	3	0	1	0	1
VI	0	1	1	0	0
VII	0	1	0	0	0
VIII	1	3	2	0	1

**Tabela 3** - Tamanho (ha) dos fragmentos de floresta atlântica de Sergipe: estatística das distribuições de frequências.

Grupamento	Amplitude (ha)	Número de amostras	média menor	mais ou erro padrão	desvio padrão	Coefficiente de Variação
Santa Luzia-Estância	17,8 ó 427,31	30	93,89	e 20,17	110,49	117,68
Aracaju-SCristóvão-Itabaiana	17,5 ó 445,65	30	134,54	e 24,56	134,54	107,61
Rosário Catete	17,12 ó 460,08	30	133,12	e 24,30	133,12	101,98
Japarutuba	17,75 ó 170,77	30	46,72	e 6,37	39,90	74,71
Pacatuba-Japoatã	18,99 ó 453,68	30	94,77	e 17,97	98,46	103,90

**Tabela 4** - Análise de variância entre as médias dos tamanhos (ha) dos grupamentos de fragmentos de mata atlântica de Sergipe.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrados Médios	F
Total	149	1842672		
Entre Grupos	4	133345	33336	
Dentro Grupos	145	1709326	11788	2.828*

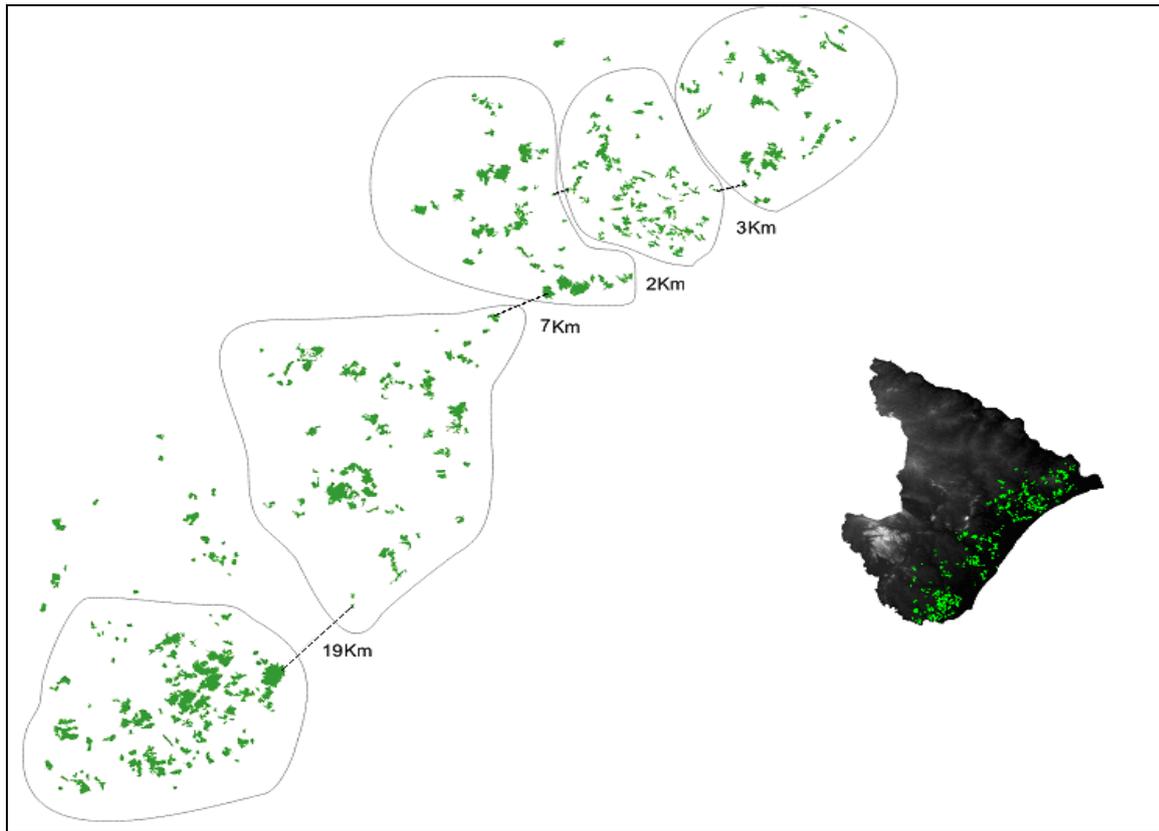
\* significante ao nível de 5%

Estas diferenças nas distribuições de frequências e na análise de variância merecem três comentários. Embora as médias entre os tamanhos de fragmentos dos grupamentos tenha sido significativa, foram os fragmentos de Japarutuba que contribuíram para a diferença, com uma média dos tamanhos de fragmentos (46,72 ha) a metade das médias dos demais (ver Tabela 3). Outro comentário pertinente é sobre as médias dos grupamentos de Aracaju-São Cristóvão-Itabaiana (134,54), maiores do que os de Santa Luzia-Estância (93,89), embora a área florestada de Santa Luzia seja maior. Este fato se dá porque os fragmentos de Santa Luzia são em média menores do que o grupamento Aracaju, mas tem uma área de Santa Luzia que tem os dois maiores fragmentos de mata de Sergipe ó região do Crasto, propriedade particular ó, com cerca de 1000 ha cada um. Estas áreas contribuem para que a área florestada seja maior em Santa Luzia.

O terceiro comentário é de cunho geral, sobre o tamanho de um fragmento florestal relacionado com a diversidade de biológica que este fragmento pode comportar. Os modelos de biogeografia de ilhas (MacArthur e Wilson, 1967) e de metapopulações (ver Pianka, 1994), relacionam a distribuição das espécies com o tamanho da área em que elas vivem. A relação espécie-área é simples, no geral áreas maiores comportam mais indivíduos do que áreas menores. Isto ocorre porque quanto maior a área, maior a variedade de habitats e disponibilidade de recursos alimentares para as populações. Além disto, uma ampla área pode abrigar maior número de indivíduos por espécie, o que reduz as taxas de extinção das populações. Ao contrário, pequenas áreas tendem a abrigar tanto um menor número de indivíduos quanto menores populações. As populações de tamanho reduzido são mais vulneráveis a diversos problemas, como a depressão endogâmica, deriva genética, entre outros (ver Primack e Rodrigues, 2001). Portanto, áreas maiores são mais favoráveis para a conservação das espécies.

### 3.5. Os fragmentos florestados de Sergipe com relação à conectividade

A conectividade entre fragmentos de mata pode ser estimada a partir das distâncias entre as manchas. Em Sergipe nós identificamos neste trabalho que as distâncias entre os grupamentos variam entre 2 km ó 19 km (Figura 11). Estas distâncias são de certo modo subestimadas, do ponto de vista ecológico e geográfico, porque foi medida a distância do último fragmento de um grupamento até o primeiro fragmento do grupamento seguinte. Não é fácil designar o último e primeiro, mas esta distância nos dá uma medida entre as bordas dos grupamentos.



**Figura 11 6** Distâncias (linhas pontilhadas) entre os grupamentos de fragmentos de mata atlântica de Sergipe.

As distâncias foram arranjadas em 20 classes de tamanho, com intervalo de 139,7 metros, e verificado as frequências observadas em cada classe, as frequências relativas simples, as frequências observadas acumuladas e as frequências relativas acumuladas (Zar, 1996). A frequência acumulada de uma classe permite observamos a probabilidade de que um fragmento qualquer de um grupamento tenha aquele valor da variável ou menos.

Destas distribuições podemos verificar aspectos muito interessantes, por exemplo, os fragmentos do grupamento SantaLuzia-Estância tem cerca de 80% de probabilidade de estarem separados por uma distância menor do que 1 km, aproximadamente 600 metros. O grupamento Aracaju-São Cristóvão-Itabaiana distancia-se um pouco desta probabilidade, porque tem cerca de 80% de probabilidade de os fragmentos estarem separados por uma distância menor do que 1200 metros. Os demais grupamentos também estão nesta classe ou mais extremo ainda, como o de Pacatuba-Japoatã, que tem 80% de chance de os fragmentos estarem separados por uma distância de quase 2 km.

A distância entre os fragmentos de uma vegetação que já foi íntegra é um critério bastante utilizado para indicar o nível de preservação dos ecossistemas florestados numa região (Turner e Gardner, 1990; Yong e Merrian, 1994). É difícil estabelecermos um critério que defina as distâncias mínimas que os habitats de mata devem guardar entre si. Isto depende do problema e do grupo taxonômico. Por exemplo, a distância mínima que dois fragmentos devem guardar para moscas do gênero *Drosophylla* deve ser diferente para as distâncias mínimas que porcos do mato ou onças devem guardar (Keitt, 1997). Uma coisa é certa: quanto mais os fragmentos estiverem conectados entre si, maior as possibilidades de movimentação dos indivíduos, fator essencial para trocas gênicas entre populações.

Os fragmentos florestais geralmente são circundados por faixas de ambiente aberto, principalmente áreas de campo, pasto e plantios diversos. Estas áreas abertas entre dois fragmentos têm tamanhos variados e

podem impedir a travessia de muitas espécies de pássaros, mamíferos e insetos. Vários fatores podem estar associados às limitações que algumas espécies têm de se movimentarem para outras regiões. Um deles está no fato de muitos animais serem fiéis aos seus habitats, o que dificulta a sua movimentação para outras regiões além da sua área habitual. Além disso, ao transitarem por estas faixas abertas, as espécies se expõem aos seus predadores, o que aumenta o risco de predação. Com isto, muitas espécies não conseguem colonizar os fragmentos mais distantes, o que pode levar à redução gradativa das populações destes fragmentos mais isolados, podendo até serem extintas completamente no local.

A estratégia conservacionista utilizada para remediar os problemas causados pela fragmentação e isolamento de ambientes é a criação de corredores ecológicos (Ayres *et al.*, 2005). Os corredores são verdadeiras pontes que ligam dois ou mais fragmentos e facilitam a dispersão de animais e plantas, de modo especial àquelas espécies que demandam extensas áreas para a sua sobrevivência, ou ainda ajudar a preservar animais que são obrigados a migrar sazonalmente para uma série de diferentes habitats à procura de alimento. Quanto menor a distância entre fragmentos florestais, maior é a possibilidade de criação de corredores (Hass, 1995; Primack e Rodrigues, 2001).

### 3.6. Forma dos fragmentos de mata atlântica de Sergipe

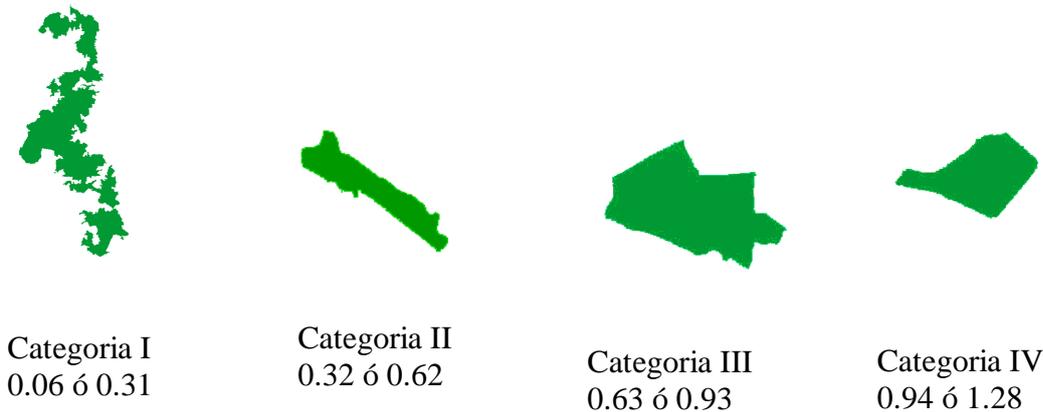
Os índices de circularidade dos fragmentos de mata de Sergipe variaram entre 0.006 a 1.28 (Tabelas 5 e 6, Figura 12). Na maioria dos fragmentos sergipanos de mata atlântica os índices de circularidade foram baixos, em torno de 0.006 ó 0.31, indicando que estes fragmentos não têm as bordas muito arredondadas. É de valia também acrescentar que nesta categoria estão os fragmentos cujos tamanhos variam entre 17.12-128 ha, que são justamente os fragmentos menores. Os fragmentos maiores, cujos tamanhos variam em torno de 350-460 ha, têm as bordas mais arredondadas. Com relação ao agrupamento, de Aracaju para o sul do estado estão os fragmentos maiores e com as bordas mais arredondadas. Seria muito interessante se tivéssemos informações sobre a biodiversidade da mata atlântica de Sergipe, de forma que pudéssemos comparar a diversidade entre fragmentos de tamanhos próximos e índices de borda diferentes, para podermos fazer várias inferências sobre a preservação de habitats na região de Sergipe.

**Tabela 5** - Classes dos índices de circularidade dos fragmentos de mata atlântica de Sergipe (intervalo de classe = 0,31).

Categoria	Amplitude
I	0.06 ó 0.31
II	0.32 ó 0.62
III	0.63 ó 0.93
IV	0.94 ó 1.28

**Tabela 6** - Distribuição de frequências das categorias dos índices de circularidade dos fragmentos de mata atlântica de Sergipe.

Categorias	SLuzia- Estância	Aracaju- SCristóvão- Itabaiana	Rosario Catete	do Japarutuba	Pacatuba- Japoatã
I	19	22	27	29	26
II	9	5	3	0	4
III	2	3	0	0	0
IV	0	0	0	1	0



**Figura 12** - Formas dos fragmentos florestados de Sergipe de acordo com os índices de circularidade (números abaixo de cada categoria). A forma arredondada da borda aumenta da esquerda para a direita, com os valores dos índices se aproximando mais de 1,0.

### 3.7. Fisionomia de um fragmento de mata em Sergipe

As informações sobre as formas e demais características dos fragmentos de mata atlântica da região de Sergipe ficariam mais completas se houvesse também alguma informação sobre a fisionomia destes fragmentos. Os caracteres utilizados para descrever o fragmento foram: estrato superior da vegetação, sub-bosque, folhiço, altura das árvores, circunferência à altura do peito, presença de plantas jovens, entrada de luz e espécies mais comuns.

As espécies vegetais mais comuns foram identificadas no campo por moradores da região, que acompanharam os trabalhos na área. Ao nome comum foi associado o nome científico, portanto as identificações são passíveis de erros (mas ver Governo de Sergipe, 1976, 1979; Vicente, 1999). O fragmento escolhido para descrição foi na região de Capela ( $10^{\circ}30'S$ ,  $37^{\circ}03'W$ ), num local chamado de mata do Junco, que é uma Unidade de Conservação da categoria Refúgio de Vida Silvestre (Figura 13).

#### i) Estrato superior e entrada de luz

O conjunto de copas das árvores deste fragmento é bem aberto, as copas são pouco encorpadas e pouco se tocam entre uma árvore e outra. A impressão que se tem é que estas copas são de árvores cujo conjunto compõe uma mata secundária, rodeada por capoeiras antigas, conforme podemos perceber pelos grupamentos de arvoretas em vários estágios de crescimento e a forte presença das embaúbas (*Cecropia* sp). Este dossel aberto permite que penetre na mata bastante luz, a qual chega no solo sem ser barrada pelo sub-bosque, que é ralo. Desse modo aparecem manchas de sol por toda a mata, formando um mosaico luminoso no chão.

#### ii) Sub-bosque

As arvoretas que estão no estrato imediatamente abaixo do estrato superior compõem o sub-bosque. Nas matas mais estruturadas, o sub-bosque pode ser bem percebido porque os elementos que o compõe têm as mesmas aparências: porte esguio, poucos ramos, copa pouco desenvolvida. Este conjunto, quando está completo, forma uma unidade bem diferenciada na mata, mas do fragmento da mata do Junco isto não ocorre, as arvoretas do estrato imediatamente abaixo do estrato superior são esparsas e não chegam a formar um conjunto.

### iii) Altura e circunferência das árvores e arvoretas

As árvores deste fragmento alcançam até cerca 20 metros, e as emergentes são poucas, pouco se diferenciando das demais do estrato superior. No estrato mais abaixo do superior, o sub-bosque, as arvoretas chegam até cerca de 10 metros de altura. Nas árvores mais altas deste conjunto, os indivíduos chegam a ter até 60 cm de circunferência, raras chegam a ter até 1 metro de circunferência. Nas arvoretas do sub-bosque os indivíduos têm cerca de 10-15 cm de circunferência, muitos têm até menos do que essa medida.

### iv) Plantas jovens

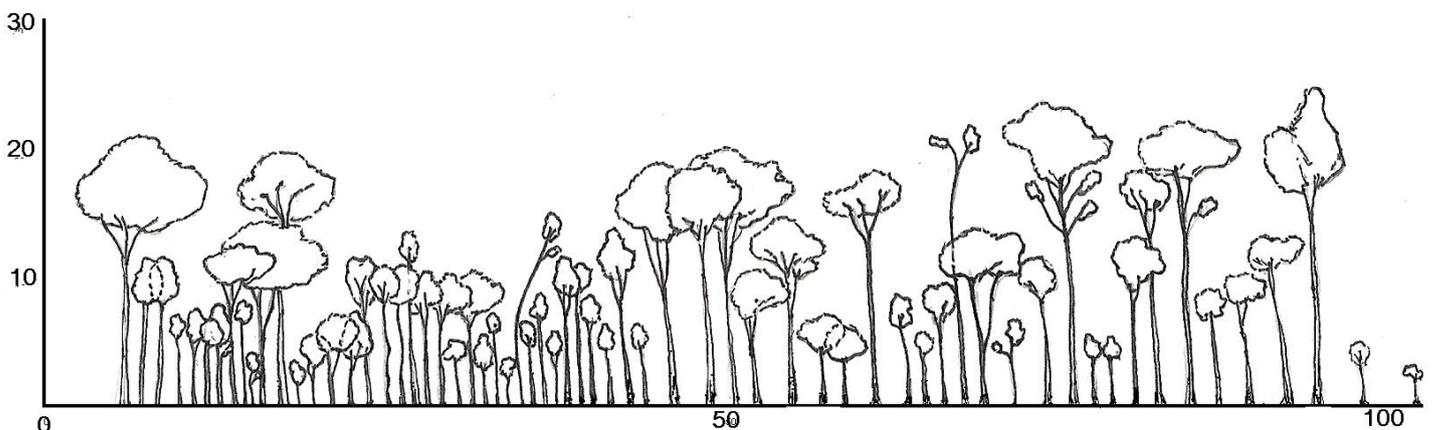
Não há plantas jovens na área, fato que causou surpresa, porque em qualquer área, por mais perturbada que esteja, há sempre a presença de plantas que conseguem germinar e vão compor o estrato imediatamente abaixo do sub-bosque ou mais próximo do chão. Nada disso foi observado na área onde o transecto foi realizado. É bem possível que encontremos estas plantas jovens e plântulas em outros locais desta mata, se andarmos por áreas menos perturbadas ou em terrenos mais planos (o transecto foi realizado numa baixada) ou nas áreas mais sobre influência do rio Lagartixo, que abastece a cidade de Capela.

### v) Folhiço

A cobertura de folhas do chão é bem rala, não chega a 5 cm em várias partes. As folhas são pequenas e na estação em que o transecto foi realizado, final da chuva, o folhiço já estava seco. Em algumas áreas há maior acúmulo de folhiço, devido a depressões do terreno, mas estas são pouco frequentes.

### vi) Espécies de plantas

As espécies que são mais comuns neste fragmento de mata de Capela são: amescla (*Protium* sp, família Burseraceae), ingá caixão (*Inga fagifolia*, família Mimosaceae), pau pombo (*Sclerolobium paniculatum*, Anacardiaceae), biriba (*Eschweilera ovata*, família Lecythidaceae), figueira (*Ficus carica*, Moraceae), guabiroba (família Mirtaceae), maçaranduba (*Pouteria* sp, família Sapotaceae) e murici (*Byrsonima* sp, família Malpighiaceae), pé de galinha (*Didymopanax morototoni*, família Araliaceae), araçá de porco (*Psidium longipetiolatum*, família Myrtaceae), bom nome (*Maytenus obtusifolia*, família Celastraceae).



**Figura 13** - Perfil esquemático da vegetação de fragmento de mata, grupamento Japarutuba, região de Capela, mata do Junco.

#### 4. CONCLUSÃO

As observações e registros que fizemos neste exercício se aproximam dos relatos que existem sobre remanescentes de mata atlântica de outras regiões (e.g. Saatchi *et al.*, 2001; Brasil, 2000, 2002, 2003; Mantovani, 2003; Dean, 1996), no sentido de registros sobre a depauperação da mata por ações antrópicas. A contribuição deste estudo está na quantificação realizada sobre o número de fragmentos e suas localizações. Normalmente as regiões que detêm seus remanescentes clamam que estes são os maiores e os mais bem conservados, mas é preciso quantificar isso e nós o fizemos, destacando que os maiores fragmentos estão na região que compreende Aracaju, São Cristóvão, Santa Luzia do Itanhy (onde ocorre o maior fragmento), Estância, Rosário do Catete e Japarutuba. Estas áreas podem ser consideradas como um só grupamento; mas isso absolutamente tira a importâncias dos demais, a importância absoluta ou relativa dos fragmentos faz parte de uma discussão que tem vários parâmetros. Assim como a importância de apresentar dados sobre as conectividades, relevantes registros para a conservação da biodiversidade, bem a as distâncias entre grupamentos de remanescentes. São dados que poderão ser utilizados em pesquisas futuras, para auxiliar a compor planos de conservação, ou para auxiliar pesquisas acadêmicas.

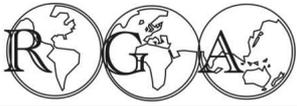
Outra contribuição que podemos destacar, foi que através do relevo, é possível identificarmos os três ecossistemas que compõem a região de Sergipe e toda a região nordeste de mata atlântica: o domínio atlântico, cujo relevo é mais amareado e mais baixo do que os demais; o agreste, que tem relevo mais alto; e a caatinga, cujas serras baixas constituem os componentes principais do relevo, que é mais alto que os demais. São do conhecimento popular estes ecossistemas, mas pode haver certas ambiguidades nas delimitações. Através das conceituações dos domínios morfoclimáticos, mesmo que a vegetação original não ajude por ter desaparecido, fica o relevo como testemunho, cada domínio tem seu relevo característico, com suas áreas de transição. Os transectos que fizemos mostram bem estas compartimentações, as quais podem ser úteis em estudos ecológicos e biogeográficos. Por exemplo, à pergunta se poderia existir uma compartimentação da fauna e da flora que acompanhariam estes três ecossistemas, os perfis de relevo que obtivemos podem auxiliar a delimitar áreas para inventários a fim de responder à pergunta formulada.

Outro ponto importante foi sobre a forma dos remanescentes ó nós relatamos que apenas na região de Japarutuba existe um fragmento de bordos mais circulares. Todos os demais fragmentos ó inclusive nesta região citada ó têm bordos irregulares, mas na região de Aracaju, Itabaiana, São Cristóvão, Santa Luzia do Itanhy e Estância ocorrem 5 remanescentes de bordos mais circulares. Também esta caracterização pode auxiliar nos planejamentos de experimentos ecológicos cujas perguntas formuladas envolvam o formato das bordas dos fragmentos. Esperamos que este exercício por nós desenvolvido, utilizando conceitos da biogeografia e técnicas de geoprocessamento, possa estimular estudantes de graduação da geografia e da biologia a criticar nossos resultados e discussão; assim o fazendo estarão se interessando por estudos envolvendo parâmetros biogeográficos sobre conservação da biodiversidade e formulando suas próprias perguntas com base nos conceitos que compõem estas áreas do conhecimento. Para mais detalhes ou informações sobre as imagens dos fragmentos por grupamento contatar os autores.

**Agradecimentos:** O trabalho foi dissertação de ALCS no programa de pós-graduação Prodepa da Universidade Federal de Sergipe, o autor agradece o apoio recebido da UFS e do programa. Os autores agradecem à UFS, departamento de Biologia, pelo apoio durante os trabalhos; à Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos pelo apoio na Mata do Junco; à Secretaria de Planejamento de Sergipe pelas fotografias aéreas e de satélite SPOT5; ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Coordenação de Biodiversidade, pelo apoio durante a execução final do estudo.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ab'Sáber, A. N. 1967. Domínios morfoclimáticos e províncias fitogeográficas do Brasil. *Orientação* (Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo) 3:45-48.
- Ab'Sáber, A. N. 1977. Os domínios morfoclimáticos na América do Sul. Primeira aproximação. *Geomorfologia* (Instituto de Geografia da Universidade de São Paulo) 52: 1-22.
- Ab'Sáber, A. N. 2003. Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas. Ateliê Editorial, São Paulo 159p.
- Absy, M.L. e T. Van der Hammen, 1976. Some paleoecological data of Roraima, Southern part of Amazon Basin. *Acta Amazonica* 6(3):283-289.
- Aguilar-Santelises, R. e R.F. Castillo, 2013. Factors affecting woody plant species diversity of fragmented seasonally dry oak forests in the Mixteca Alta, Oaxaca, Mexico. *Revista Mexicana de biodiversidade* 84(2):575-590.
- Aciesp, 1997. Glossário de ecologia. 2a. edição - Academia de Ciências do Estado de São Paulo, Publicação nº. 103 (Shigeo Watanabe, coord.) 352p.
- Ayres, J. M., G.A.B. Fonseca, A.B. Rylands, H.L. Queiroz, L.P. Pinto, D. Masterson e R.B. Cavalcanti, 2005. Os corredores ecológicos das florestas tropicais do Brasil. Sociedade Civil Mamirauá, il. (fotos L.C. Marigo) 256p.
- Batistella, M. e E.F. Moran, 2007. A heterogenidade das mudanças de uso e cobertura das terras na Amazônia: em busca de um mapa da estrada pp. 65-80. *In: Dimensões humanas da biosfera-atmosfera na Amazônia* (B.K Becker e D.S. Alves, Orgs.). Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo 178p.
- Bierregaard Jr.R.O., T.E. Lovejoy, V. Kapos, A.A. Santos e R.W. Hutchings, 1992. The biological dynamics of tropical rainforest fragments: a prospective comparison of fragments and continuous forest. *BioScience* 42(11):859-866.
- Brasil, 2000. Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da Mata Atlântica e campos sulinos. *Conservação Internacional do Brasil, SOS Mata Atlântica, Fundação Biodiversitas, Instituto de Pesquisas Ecológicas, Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, Instituto Estadual de Florestas ó Minas Gerais. Ministério do Meio Ambiente, Brasília* 40p.
- Brasil, 2002. Biodiversidade brasileira: avaliação e identificação de áreas e ações prioritárias para conservação, utilização sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade nos biomas brasileiros. Ministério do Meio Ambiente ó Secretaria de Biodiversidade e Florestas, Brasília 404p.
- Brasil, 2003. Fragmentação de Ecossistemas: causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas. Ministério do Meio Ambiente, Brasília 508p.
- Bicca-Marques, J. C., V.M. Silva e D.F. Gomes, 2006. Ordem Primates, pp.101-148. *In: Mamíferos do Brasil* (Reis, N. R., A.L. Peracchi, W.A. Pedro, I.P. Lima, Eds.). Univ. Estadual de Londrina, Sec. do Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos - Paraná, Sec. de Estado da Ciência, Tecnol. e Ensino Superior. - Paraná, Centro Universitário Filadélfia, Universidade Regional de Blumenau, Londrina 437p.
- Carvalho, C.M. e J.C. Vilar, J.C. 2005. Introdução ó Levantamento da biota do Parque Nacional Serra de Itabaiana, pp.9-14. *In: Parque Nacional Serra de Itabaiana: levantamento da biota* (CMCarvalho e J.C. Vilar, Coord.). Universidade Federal de Sergipe, Ibama, Biologia Geral e Experimental, Aracaju 131p.
- Carvalho, T.M. 2009. Parâmetros geomorfométricos para descrição do relevo da Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Tupé, Manaus, Amazonas. *In: Edinaldo Nelson dos Santos-Silva; Veridiana Vizoni Scudeller. (Org.). Biotupé: Meio Físico, Diversidade Biológica e Sociocultural do Baixo Rio Negro, Amazônia Central volume 2. 1ed.*Manaus: Governo do Estado do Amazonas; Universidade Estadual do Amazonas, v. 2, p. 3-17.
- Carvalho, T.M. e Bayer, M. 2008. Utilização dos produtos da "Shuttle Radar Topography Mission" (SRTM) no mapeamento geomorfológico do Estado de Goiás. *Revista Brasileira de Geomorfologia* 9:35-41
- Chase, S.M. 2003. Community assembly: shen should history matter? *Oecologia* 136:489-498.



- Costa, L.P. 2003. The historical bridge between the Amazon and the Atlantic Forest of Brazil: a study of molecular phylogeography with small mammals. *Journal of Biogeography* 30:71-86.
- Christofoletti, A. 1974. *Geomorfologia*. J. Edgard Blucher Ltda. - Editora da Universidade de São Paulo 150p.
- Dean, W. 1996. *A ferro e fogo: a história da devastação da mata atlântica brasileira*. Companhia das Letras, São Paulo, 484p.
- De Vivo, M. 1997. A mastofauna da floresta atlântica: padrões biogeográficos e implicações conservacionistas, pp.60-63. *In: Anais da 5a. Reunião Especial da SBPC ó Floresta Atlântica: diversidade biológica e sócio-econômica*. Blumenau.
- Fahring, L. 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Reviews in Ecology, Evolution and Systematics* 34:487-515.
- Farlani, M.C., P.H. Bernardo, C.F.B. Haddad e H. Zaher, 2010. Herpetofauna do Parque Estadual Carlos Botelho, São Paulo, Brasil. *Biota Neotropica* 10(3):2765-309.
- Ferrari, S.F. 2005. Parque Nacional Serra de Itabaiana: o futuro, pp.121-131. *In: Parque Nacional Serra de Itabaiana: levantamento da biota* (CMCarvalho e J.C. Vilar, Coord.). Universidade Federal de Sergipe, Ibama, Biologia Geral e Experimental, Aracaju 131p.
- Florenzano, T.G. 2002. *Imagens de satélite para estudos ambientais*. Oficina de Textos, São Paulo 97p.
- Gascon, C., W.F. Laurance e T.E. Lovejoy, 2001. Fragmentação florestal e biodiversidade na Amazônia central, pp.174-189. *In: Conservação da biodiversidade em ecossistemas tropicais ó Avanços conceituais e revisão de novas tecnologias de avaliação e monitoramento* (I. Garay e B. Dias (Eds). Editora Vozes, Petrópolis 470p.
- Governo de Sergipe, 1976. *Zoneamento ecológico-florestal do estado de Sergipe*. Ministério do Interior, Sudene ó Conselho de Desenvolvimento de Sergipe, Aracaju 107p. + 16 mapas.
- Governo de Sergipe, 1979. *Atlas de Sergipe*. Universidade Federal de Sergipe ó Secretaria do Planejamento, Aracaju 95p.
- Haas, C.A. 1995. Dispersal and use of corridors by birds in wooded patches on an agricultural landscape. *Conservation Biology* 9: 845-854.
- Haffer, J. 1969. Speciation in Amazonian forest birds. *Science* 165(3889): 131-137.
- Harley, R.M. e Simmons, N.A., 1986. *Florula of Mucugê, Chapada Diamantina, Brazil*. London, Royal Botanic Gardens Kew 227p.
- Hayden, D.T. e E.R. Pianka, 1999. Metapopulation theory, landscape models and species diversity. *Ecoscience* 6(3):316-328.
- Keitt, T.H., D.L. Urban e B.T. Milne, 1997. Detecting critical scales in fragmented landscapes. *Conservation Ecology* (on line) 1(1): 4 <http://www.consecol.org/vol1/iss1/art4/>.
- Lamar, W.W. 2003. A new species of slender coral snake from Colombia, and its clinal ontogenetic variation (Serpentes, Elapidae: *Leptomicrurus*). *Revista de Biologia Tropical* 51(3-4):805-810.
- Lovejoy, T.E., O.R. Bierregaard Jr., A.B. Rylands, J.R. Malcom, E.E. Quintela, L.H. Harper, K.S. Brown, G.V.N. Powell, H.O.R. Schubart e M.B. Hays, 1986. Edge and other effects of isolation on Amazon forest fragments, pp.257-285. *In: Conservation biology: the science of scarcity and diversity* (Soulé, M.E., Ed.). Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts 584p.
- MacArthur, R.H. e E.O. Wilson, 1967. *The theory of island biogeography*. Princeton University 203p.
- Mantovani, W. 2003. A degradação dos biomas brasileiros, pp.367- 439. *In: Patrimônio ambiental brasileiro* (W.C. Ribeiro, Org.). Editora Universidade de São Paulo - Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, vol.1 624p.
- Mesquita Jr., H.N., M.C. Silva, N.Y. Watanabe e R.C. Esteves, 2007. Aplicações de sensoriamento remoto para monitoramento do desmatamento da Amazônia, pp.6835-6842. *Anais do 23º Simpósio de Sensoriamento Remoto, Florianópolis - Inst. Nac. Pesq. Espaciais*.
- Metzger, J. P. 1999. Estrutura da paisagem e fragmentação: análise bibliográfica. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 71:

445-463.

Metzger, J. P. 2000. Tree functional group richness and spatial structure in a tropical fragmented landscape. *Ecological Application* 10: 1147-1161.

Moreira, M.A. 2001. Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos 208p.

Moreira-Lima, L.M. 2013. Aves da Mata Atlântica : riqueza, composição, status, endemismos e conservação [online]. São Paulo: Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, 2013. Dissertação de Mestrado em Zoologia. [acesso 2014-06-30]. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/41/41133/tde-17042014-091547/>>.

Myers, N., R.A. Mittermeier, C.G. Mittermeier, G.A.B. Fonseca e J. Kent, 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853-845.

Oliveira, P.J. 2004. Base cartográfica dos municípios litorâneos de Sergipe. Anais do 2º Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto, Aracaju, Sergipe.

Oliveira-Filho, A. T. e M.A.L. Fontes, 2000. Patterns of floristic differentiation among Atlantic forests in Southeastern Brazil and the influence of climate. *Biotropica* 32(4b): 793-810.

Pardini, R. 2004. Effects of forest fragmentation on small mammals in an Atlantic Forest landscape. *Biodiversity and Conservation* 13:2567-2586.

Pardini, R., S.M. Souza, R. Braga-Neto e J.P. Metzger, 2005. The role of forest structure, fragment size and corridors in maintaining small mammal abundance and diversity in an Atlantic forest landscape. *Biological Conservation* 124:253-266.

Pessenda, L.C.R. S.E.M. Gouveia, R. Aravena, R. Boulet e E.P.E. Valencia, 2004. Holocene fire and vegetation changes in southeastern Brazil as deduced from fossil charcoal and soil carbon isotopes. *Quaternary International* 114: 35-43.

Pianka, E.R. 1994. *Evolutionary Ecology*. Harper Collins College Publishers, New York.

Primack, R.B. e E. Rodrigues, 2001. *Biologia da Conservação*. Ed. Vida, Londrina 327p.

RadamBrasil, 1983. Folha SC 24/25 Aracaju/Recife; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Vol. 30, Levantamento de Recursos Naturais, Departamento Nacional de Produção Mineral-Ministério das Minas e Energia, Rio de Janeiro 839p + mapas.

P. Ranta, T. Blom, J. Niemelä, E. Joensuu e M. Siitonen, 1998. The fragmented Atlantic rain forest of Brazil: size, shape and distribution of forest fragments. *Biodiversity and Conservation* 7: 385-403.

Reis, N. R., A.L. Peracchi, W.A. Pedro e I.P. Lima, 2006. Mamíferos do Brasil. Univ. Estadual de Londrina, Sec. do Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos - Paraná, Sec. de Estado da Ciência, Tecnol. e Ensino Superior. - Paraná, Centro Universitário Filadélfia, Universidade Regional de Blumenau, Londrina 437p.

Richards, J.A. 1993. *Remote sensing digital image analysis*. Spring-Verlang 340p.

Rizzini, C.T. 1963. Nota prévia sobre a divisão fitogeográfica (florístico-sociológica) do Brasil. *Revista Brasileira de Geografia* 26:3-64.

Rizzini, C.T. 1979. *Tratado de fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos*, Hucitec e Editora da Universidade de São Paulo 374p.

Rocha, J.S.M. e S.M.J.M. Kurtz, 2001. *Manual de manejo integrado de bacias hidrográficas*. 4a. Ed., Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria 302p.

Saatchi, S., D. Agosti, K. Alger, J. Delabie, e J. Musinsky, 2001. Examining fragmentation and loss of primary forest in the Southern Bahian Atlantic forest of Brazil with radar imagery. *Conservation Biology* 15(4): 867-875.

Silva, J.M.C., M.C. Sousa e C.H.M. Castelletti, 2004. Áreas of endemism for passerine birds in the Atlantic Forest. *Global Ecology and Biogeography* 13: 85-92.



- Stehmann, J.R., R.C. Forzza, A. Salino, M. Sobral, D.P. Costa e L.H.Y. Kamino, 2009. Floresta atlântica: riqueza, endemismo e conservação - diversidade taxonômica na mata atlântica, pp.3-12. *In: Plantas da floresta atlântica* (Stehmann, J.R., R.C. Forzza, A. Salino, M. Sobral, D.P. Costa e L.H.Y. Kamino, Eds.). Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Turner, M.G. e R.H. Gardner, 1990. Quantitative methods in landscape ecology: the analysis and interpretation of landscape heterogeneity. Springer Verlag 536 p.
- Vanzolini, P. E. 1986. Paleoclimas e especiação em animais da América do Sul tropical. Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, Publicação Avulsa número 1, 35p.
- Vanzolini, P. E. 1988. Distributional patterns of South American lizards, pp.317-342. *In: Proceedings of a workshop on Neotropical distribution patterns* (P.E. Vanzolini e W.R. Heyer, Eds.). Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro.
- Vanzolini, P. E., and E.E. Williams, 1970. South American anoles: the geographic differentiation and evolution of the *Anolis chrysolepis* species group (Sauria, Iguanidae). *Arquivos de Zoologia, Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo* 19(1-2):1-298.
- Vicente, A. 1999. Levantamento florístico de um fragmento florestal na Serra de Itabaiana-Sergipe. Dissertação de mestrado, Universidade Federal Rural de Pernambuco.
- Willis, E.O. 2006. Protected cerrado fragments grow up and lose even metapopulational birds in Central São Paulo, Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 66(3):829-837.
- Yong, A.G. e H.G. Merriam, 1994. Effects of forest fragmentation on the spatial genetic structure of *Acer saccharum* Marsh. (sugar maple) populations. *Heredity* 1:277-289.
- Zar, J.H. Biostatistical analysis . 3rd.ed. Prentice Hall, New Jersey 662p + Tabs. 1996.