

# **SUSTENTABILIDADE DOS ECOSSISTEMAS DO MARANHÃO**

**AMAZÔNIA MARANHENSE  
VOLUME 2**

**Naíla Arraes de Araujo**

**(Organizadora)**



**GRADUS**  
EDITORA

ARAUJO, N. A. (Org). Sustentabilidade dos ecossistemas do Maranhão -Amazônia Maranhense, volume 2. 2ª Ed: Gradus Editora. Bauru, São Paulo. 2023.

## **FICHA TÉCNICA**

### **Editor-chefe**

Lucas Almeida Dias

### **Projeto gráfico**

Bruno Eustáquio

### **Diagramação**

Bruno Eustáquio

### **Capa**

Paulo Cavalcante

### **Revisão**

Gradus Editora

## **Comitê Editorial Científico – Gradus Editora 2022/2023**

Dr. Douglas Manoel Antonio de Abreu Pestana Dos Santos

Dra. Cintya de Oliveira Souza

Dra. Ana Cláudia Bortolozzi

Dra. Andreia de Bem Machado

Dra. Manuela Costa Melo

Dr. Carlos Gomes de Castro

Dra. Ana Beatriz Duarte Vieira

Dra. Janaína Muniz Picolo

Dr. Yan Corrêa Rodrigues

Dr. Thiago Henrique Omena

Dr. Luís Rafael Araújo Corrêa

Dr. Fábio Roger Vasconcelos

Dr. Leandro Antônio dos Santos

Dr. Gustavo Schmitt

Dra. Renata Cristina Lopes Andrade

Dra. Daniela Marques Saccaro

Dra. Gladys del Carmen Medina Morales

Dra. Márcia Lopes Reis

## Ficha catalográfica

ARAUJO, Naíla. (ORG) Sustentabilidade dos Ecossistemas do Maranhão, volume 2, Amazônia maranhense. 1a ed. 244 p. Gradus Editora. Bauru - SP.

ISBN: 978-65-81033-19-4

1-Ecossistemas; 2-Ciências naturais; 3-Maranhão

CDD: 360.00



# SUMÁRIO

**PREFÁCIO .....7**

## CAPÍTULO 1

**SUBSÍDIOS PARA CONSERVAÇÃO E PLANEJAMENTO TERRITORIAL DA SUB-BACIA ZUTIUA, MARANHÃO, BRASIL.....9**

Maria Patrícia Lima de Brito; Larissa Barreto; Milton Cezar Ribeiro; Fabrícia de Lima Brito.

## CAPÍTULO 2

**APOIO AO PLANEJAMENTO AMBIENTAL DA SUB-BACIA ZUTIUA, PINDARÉ, REGIÃO PRÉ-AMAZÔNICA, MARANHÃO..... 37**

Ricardo Madeira Tannús; Larissa Barreto; Milton Cezar Ribeiro;  
Naíla Arraes de Araujo; Denilson da Silva Bezerra.

## CAPÍTULO 3

**CONFIGURAÇÃO ESPACIAL DA PAISAGEM E STATUS DE CONSERVAÇÃO DE FRAGMENTOS DE MATAS DE GALERIA NA REGIÃO DA BACIA DO MEARIM – MARANHÃO ..... 85**

Edyane Moraes dos Santos; Larissa Barreto; Milton Cezar Ribeiro;  
Naíla Arraes de Araujo; Denilson da Silva Bezerra.

## CAPÍTULO 4

**INFLUÊNCIA DA PECUÁRIA E SUA IMPLICAÇÃO NA SUSTENTABILIDADE DA MATA CILIAR DO RIO ZUTIUA ..... 113**

Caruline Silva Lago; Larissa Barreto; Milton Cezar Ribeiro; Naíla Arraes de Araujo.

## CAPÍTULO 5

**IMPACTO DO USO DA TERRA SOBRE A HERPETOFAUNA E PAISAGEM NA REGIÃO DO MÉDIO PINDARÉ, MARANHÃO, BRASIL: SUBSÍDIOS PARA SUSTENTABILIDADE..... 133**

Fabrícia de Lima Brito; Larissa Barreto; Milton Cezar Ribeiro; Naíla Arraes de Araujo; Denilson da Silva Bezerra.

## CAPÍTULO 6

### **SUSTENTABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DA EXTRAÇÃO DE JANAÚBA (*HIMANTHUS WILLD. EX SCHULT.*) NO MUNICÍPIO DE ALCÂNTARA..... 157**

Jairo Fernando Pereira Linhares; Claudio Urbano Bittencourt Pinheiro; Naíla Arraes de Araujo.

## CAPÍTULO 7

### **SUBSÍDIO PARA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE PAGAMENTO POR SERVIÇOS AMBIENTAIS (PSÁ) PARA OS MANGUEZAIS AMAZÔNICOS DA RESERVA EXTRATIVISTA DE CURURUPU ..... 167**

Bruno de Brito Gueiros Souza; Rafael Alexandre Rizzo; Naíla Arraes de Araujo; Denilson da Silva Bezerra.

## CAPÍTULO 8

### **A CAVIDADE NATURAL SUBTERRÂNEA “TOCA DO INFERNO”, BARÃO DE GRAJAÚ – MA, E SUA IMPORTÂNCIA PARA A SUSTENTABILIDADE DO CERRADO NA REGIÃO ..... 191**

Bianca dos Santos Fernandes; Claudio Urbano Bittencourt Pinheiro.

## CAPÍTULO 9

### **TRANSPORTE DE MATERIAL PARTICULADO EM SUSPENSÃO PELOS RIOS GRAJAÚ, PINDARÉ E MEARIM PARA O SISTEMA ESTUARINO DA BAÍA DE SÃO MARCOS-MA. .... 207**

Ilmar Alves Lopes; Odilon Teixeira de Melo; Samara Aranha Schrique; Walter Luis Muedas Yauri.

## CAPÍTULO 10

### **FAUNA ACOMPANHANTE DO SISTEMA DE PRODUÇÃO PESQUEIRA “PESCADA AMARELA” *CYNOSCIONACOUPA* - (PISCES: SCIANIDAE, LACEPÉDE 1802) DESEMBARCADA NA PRAIA DO ARAÇAGI, ÁREA DO LITORAL DA ILHA DO MARANHÃO, BRASIL: SUBSÍDIOS PARA SUA CONSERVAÇÃO. .... 223**

Carla Maria Erre Araújo; Walter Luís Muedas Yauri; Lanna Fernanda Santos Menezes; Antonio Carlos Leal de Castro.

## PREFÁCIO

Por ser considerada a maior floresta tropical do mundo, e a região de maior biodiversidade, a Amazônia apresenta uma diversidade de ecossistemas, entre matas de terra firme, igapó e várzea, que contém uma rica fauna. É altamente relevante para as condições climáticas, através dos rios voadores, levando umidade para extensas áreas da América do Sul. Apesar de ser considerada erroneamente de “pulmão do mundo”, a expressão foi importante no sentido poético para realçar a sua importância biológica, ecológica e vital para a humanidade.

A Amazônia maranhense corresponde a 25% do Estado ocupando uma área de 81.208,40 km<sup>2</sup>. Os desmatamentos e as queimadas são os principais impactos ambientais do bioma, levando a um forte processo de fragmentação florestal. O desmatamento está ligado diretamente as fazendas de gado de médio e grande porte e à evolução dos fatores macroeconômicos. Por outro lado, a região contém alta diversidade biológica, com uma pronunciada importância ecológica onde se encontram os últimos remanescentes de floresta. Comparada com outras regiões da Amazônia, é a menos protegida. A única unidade de conservação (UC) existente é a Reserva Biológica (REBIO) do Gurupi. Apesar de ser a categoria de UC de uso mais restritivo, a falta de demarcação, invasão de caçadores, e avanço da agropecuária a mantiveram em contínua ameaça.

Mantendo a conectividade com a REBIO Gurupi, as terras indígenas, entre elas Alto Turiaçu, Awa e Caru, somadas mais ao sul a Araribóia, são áreas contínuas de floresta que juntas possuem 1.237.899 ha, representando uma maior garantia para a funcionalidade do ecossistema amazônico maranhense. Formando um mosaico de área protegida, permitem assim o fluxo gênico entre os organismos, o que vem somar para a manutenção da biodiversidade local.

Devido aos diversos impactos ambientais e as dificuldades de acesso, a região é carente de dados científicos, o que representa uma grande lacuna para o estado, uma vez que o Bioma contém, além da alta diversidade biológica local e de ecossistemas, alta diversidade cultural, diversas comunidades tradicionais que reúnem vários aspectos interessantes quanto ao uso dos recursos. Sua sustentabilidade e proteção, sem dados que sustentem e deem base para planejamento territorial e conservação, ficam sem norteamento, dificultando assim o delineamento de estratégias salutares para a região.

Dentro desse cenário, foi brilhante a ideia da organizadora deste segundo volume, Naíla Arraes de Araujo, em reunir dissertações do extinto mestrado em Sustentabilidade de Ecossistemas. Parabéns a todos os autores e, em especial, a organizadora, pela perseverança, coragem e competência em agrupar vários trabalhos que estariam pouco divulgados e, portanto, sem utilidade científica. O maior desafio não é organizar, mas sim ter a iniciativa de diminuir os abismos de informações que são altamente relevantes para a Amazônia do Maranhão.

**Larissa Barreto**

Profa. Titular do Departamento de Oceanografia e Limnologia  
Universidade Federal do Maranhão





## CAPÍTULO 1

# SUBSÍDIOS PARA CONSERVAÇÃO E PLANEJAMENTO TERRITORIAL DA SUB-BACIA ZUTUIA, MARANHÃO, BRASIL

Maria Patrícia Lima de Brito; Larissa Barreto; Milton Cezar Ribeiro; Fabrícia de Lima Brito.

## INTRODUÇÃO

A sub-bacia do Zutuia, pertencente à Bacia do Pindaré, foi escolhida para o encaminhamento desta pesquisa por a mesma possuir mapeamento de uso e cobertura e de solos realizados pelo LABGEO (2010), o que facilita o uso de modelos e de várias análises de paisagem. A maioria das outras pesquisas do Projeto Pindaré também está sendo encaminhada nesta sub-bacia. Portanto, os resultados desse estudo irão somados a outras pesquisas, dar subsídios ao desenvolvimento sustentável da sub-bacia e posteriormente da Bacia do Pindaré.

A sub-bacia Zutuia é uma região de transição entre os ecossistemas de Cerrado e Amazônia, sendo provavelmente, um local de alta diversidade biológica e de grande importância ecológica a nível regional (SEMATUR, 1991), assim há a necessidade de planejamento de áreas e levantamento de áreas prioritárias para a conservação.

A região é impactada por empreendimentos industriais (comportando cerca de 20% das indústrias do Maranhão), além de possuir o vale do rio cortado em toda a sua extensão pela Estrada de Ferro Carajás. Não se sabe, de fato, até que ponto as atividades desenvolvidas na bacia do Pindaré simbolizam o desenvolvimento regional e qual a magnitude dos passivos ambientais gerados por esses ramos de atividades. Por estas razões, sofre impactos ambientais a degradação em muitos pontos de sua margem. A situação é ainda agravada pela constante retirada de materiais para a construção civil, extração de madeira, expansão da pecuária, produção de carvão e cultivo de arroz em grandes extensões das margens do rio no período de estiagem (SEMATUR, 1991; IMESC, 2008; MONTEIRO, 2002; LABGEO, 2010).

Todas estas modificações têm ocorrido sem que haja definições de prioridades e mapeamento de áreas interessantes à conservação. Assim, há a necessidade de informações sobre a Bacia do Pindaré para a formulação de um plano de manejo da mesma e propostas de conservação mais efetivas e eficientes.

A eficácia do manejo depende da identificação dos fatores de degradação e dos padrões de fragmentação e conservação aos quais os habitats estão sujeitos. Por isso, há a necessidade de formular prioridades para a conservação, a fim de subsidiar ações efetivas de planejamento territorial e conservação da biodiversidade. Nesta perspectiva, o presente estudo propõe contribuir com informações que auxiliarão gestores em ações relevantes no processo de gestão da sub-bacia do Zutiua. Assim, temos como objetivo geral: Analisar a estrutura da paisagem e indicadores ambientais para dar subsídios para o planejamento territorial e estratégias de conservação para a sub-bacia hidrográfica do rio Zutiua, bacia do Pindaré. Como objetivos específicos: Analisar o padrão da cobertura de vegetação nativa na sub-bacia do Zutiua para direcionar as prioridades de ações; Comparar resultados dos padrões de cobertura em multi-escala para observar diferentes respostas a nível metodológico com relação as estratégias de conservação; Delimitar estratégias de conservação e planejamento, baseadas na porcentagem da cobertura vegetal;

Propor indicadores ambientais baseados no modelo de Pressão-Estado-Resposta para direcionar as ações de conservação pra sub-bacia; Realizar o detalhamento dos indicadores, discutindo suas possibilidades de aplicação.

## METODOLOGIA GERAL

### ÁREA DE ESTUDO

A sub-bacia do Zutiua localiza-se na região do centro-oeste maranhense (Figura 3.1), na Bacia do Pindaré. O Rio Pindaré nasce na Serra do Gurupi e possui uma área de 34.030 Km<sup>2</sup>, desembocando na Bacia de São Marcos após percorrer um curso de 720 Km de extensão e divide-se em Alto (da nascente até a confluência com o rio Buriticupu), Médio (da Barra do Buriticupu até o município de Pindaré Mirim) e Baixo Pindaré (do município de Pindaré-Mirim até a desembocadura do Rio Mearim). Tem como principal afluente o rio Zutiua, de 271 km de extensão, havendo na sub-bacia outros dois rios de porte inferior ao Zutiua, os rios Jeju e Cipoeiro (SEMATUR, 1991; LABGEO, 2010).

O rio Zutiua é afluente pela margem esquerda e sua sub-bacia ocupa uma área de 9.825 km<sup>2</sup>, sendo constituída por treze municípios: Altamira do Maranhão, Alto Alegre do Pindaré, Amarante do Maranhão, Arame, Brejo de Areia, Buriticupu, Grajaú, Marajá do Sena, Paulo Ramos, Pindaré-Mirim, Santa Inês, Santa Luzia e Tufilândia. O município de Santa Luzia possui a maior contribuição territorial (60,14%), seguido dos municípios de Amarante do Maranhão (15,51%) e Arame (14,51%) da área total da sub-bacia (LABGEO, 2010).

É uma região impactada por empreendimentos industriais (cerca de 20% das indústrias no Maranhão), além de possuir o vale do rio cortado em toda a sua extensão pela Estrada de Ferro Carajás (Figuras 3.2a, b).

Segundo mapeamento de uso e cobertura realizado por LABGEO (2010), a região é predominantemente coberta por três classes: floresta ombrófila (30% da área), vegetação secundária com palmeiras (29,1%) e atividade pecuária bovina (28,7%), sendo que as atividades antrópicas estão em amplo crescimento nos últimos anos (IMESC, 2008). A soma das áreas de vegetação secundária e atividade pecuária bovina, somadas, representam 57,8% da área total da sub-bacia. A proporção das classes de uso e cobertura pode ser visualizado na Tabela 3.2.



Figura 3.2b – Detalhe da Estrada de Ferro Carajás, passando sobre a Foz do Rio Zutuia.

Na sub-bacia, a pecuária bovina em sistema extensivo é desenvolvida principalmente em regiões de babaçu e florestas ombrófilas, áreas em que também podem ser observadas extensas plantações de pasto em encostas de morros e em relevos com fortes ondulações. Mais ao sul, as plantações de eucalipto têm expandido expressivamente, e ao que tudo indica, esta vem se transformando em uma atividade econômica importante no Maranhão, em especial em regiões de cerrado onde o relevo facilita o processo mecânico de aragem em grandes extensões (LABGEO, 2010).

Tabela 3.2 – Classes de uso e cobertura na sub-bacia hidrográfica do Zutuia e sua porcentagem sobre a área total. US = classes de uso e cobertura, AT= área em quilômetros quadrados, PA= porcentagem que representa na área da sub- bacia.

CLASSE	ÁREA EM Km <sup>2</sup>	ÁREA EM %
Floresta Ombrófila	2.946	29,98
Vegetação Secundária de Floresta Ombrófila	667	6,79
Vegetação com babaçual	38	0,39
Vegetação Secundária	2.862	29,13
Cerrado	86	0,88
Mata de Galeria	30	0,31
Plantio de Eucalipto	353	3,59
Atividade de Pecuária	2.824	28,75
Área urbana	6	0,06
Água	13	0,13
Total	9.825	100,00

Fonte: LABGEO, 2010.

## ESTRUTURA MULTI-ESCALA DA PAISAGEM

### METODOLOGIA ESPECÍFICA: ANÁLISE DA PAISAGEM

#### Unidades de análise

O mapa de uso e cobertura, neste estudo utilizado, contemplou toda sub-bacia do Zutuia (LABGEO, 2010) em escala de mapeamento de 1:100.000 (Figura 4.1). Esse mapa foi o passo inicial na aplicação da análise.

As classes de cobertura definidas no mapeamento são: florestas ombrófilas, vegetação secundária de floresta ombrófila, vegetação secundária com palmeiras, vegetação com babaçuais, cerrado, mata de galeria, plantio de eucaliptos, área urbana. Foram consideradas como vegetação nativa as seguintes classes: florestas ombrófilas, cerrado e matas de galeria.

Foram utilizadas imagens Landsat/ETM mais recentes (após 2007) disponíveis para a região, sendo consideradas as bancas TM3, TM4 e TM5 para compor uma imagem sintética de trabalho (i.e. imagem colorida artificialmente em computador). A interpretação foi realizada no software ArcGis 9.0, sendo armazenada em formato *shapefile* (i.e. formatovetorial).

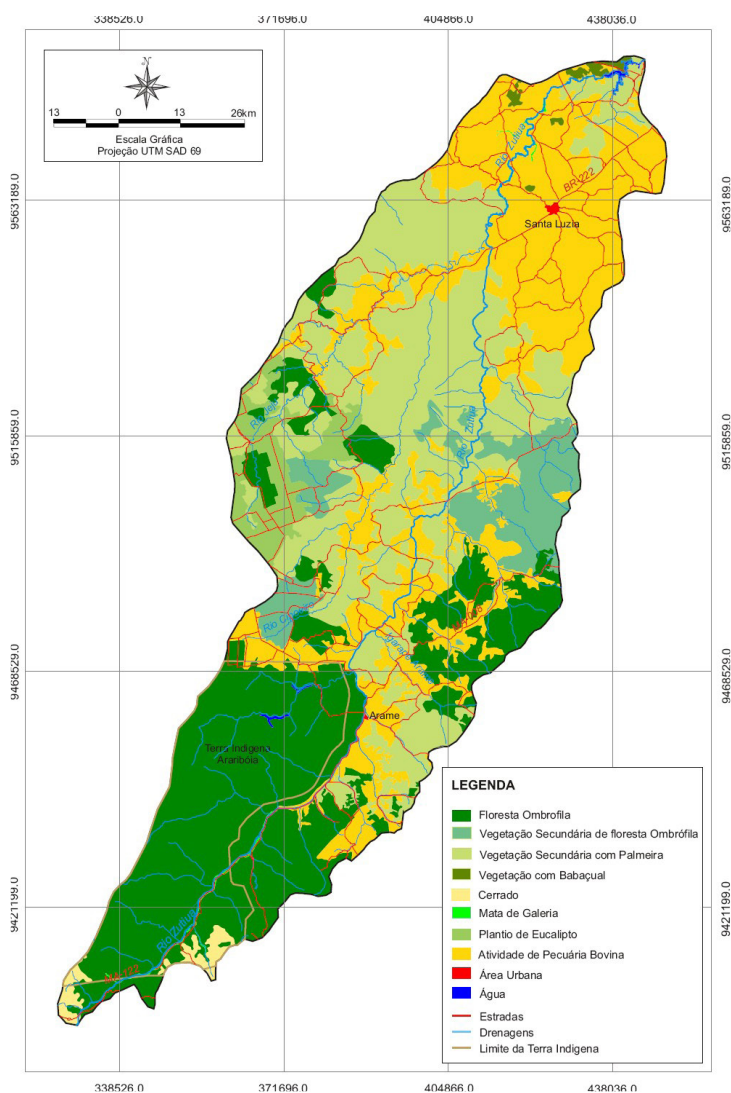


Figura 4.1 – Sub-bacia Hidrográfica do Rio Zutuia - Mapa de uso e cobertura. Fonte:LABGEO, 2010.

Posteriormente o mapa vetorial foi convertido para formato matricial (i.e. *raster*) para cálculo de algumas das métricas de paisagens, enquanto outras foram geradas no formato vetorial original.

A definição das unidades de análise é um passo importante quando se propõe estudar regiões extensas como é o caso da sub-bacia do Zutiua (BARRETO *et al.* 2010). Neste estudo utilizou-se células hexagonais idênticas para a delimitação e divisão das unidades de análise na sub-bacia, segundo o proposto por BARRETO *et al.* (2010), onde cada célula possui uma área 10.000 ha. A Figura 4.2 apresenta o mapa de uso e cobertura da sub-bacia do Zutiua, incluindo também os limites das células hexagonais de análise. As células hexagonais para a escala local (10.000 ha) foram geradas utilizando a extensão Patch Analyst 4.2.10 (REMPEL *et al.* 2008), o qual é executado dentro do ambiente do ArcGIS 9.0.

Considerando que análises em múltiplas escalas são essenciais para abordagens de ecologia de paisagens, utilizamos neste estudo duas escalas, sendo uma denominada de escala local, onde consideraremos cada hexágono de 10.000 ha como foco de análise, e uma escala regional, onde se considerará as células do entorno de cada unidade de análise (UA), trabalhando-se assim com um contexto regional de 50.000 ha centrado nas UAs de 10.000ha. Uma representação gráfica das diferentes escalas de análise pode ser visualizada na Figura 4.3.

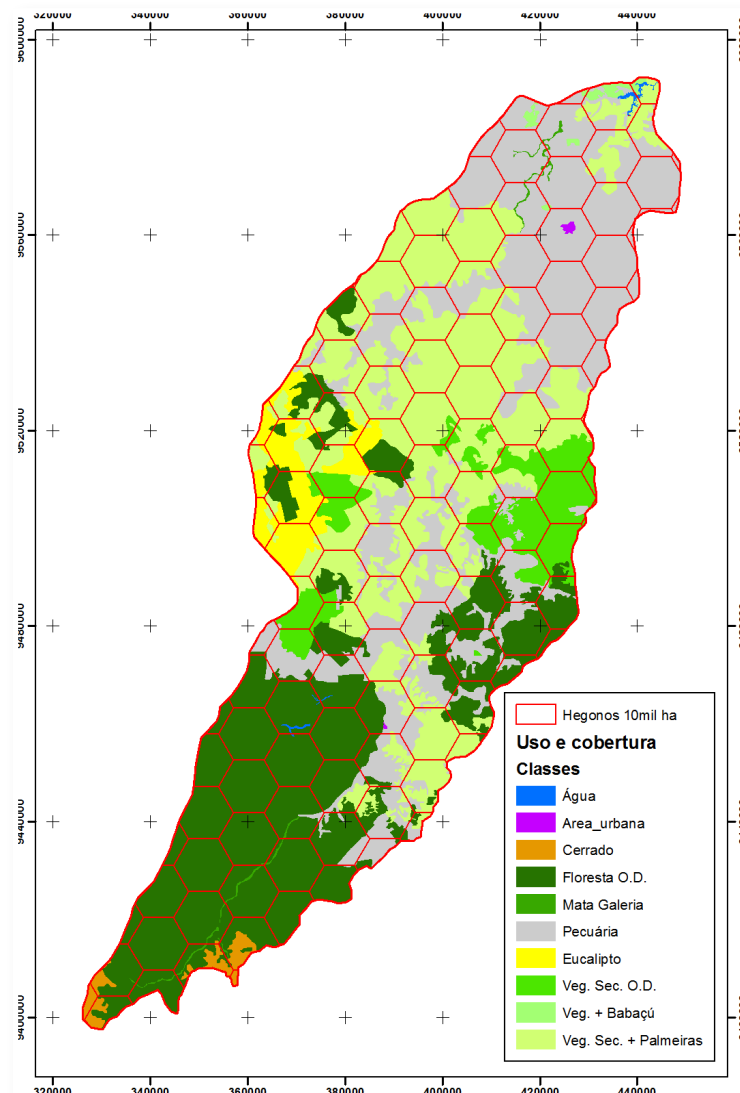


Figura 4.2 – Divisão do mapa de uso e cobertura da sub-bacia do Zutiua com a grade de unidades de análise hexagonais, com dimensão espacial de 10.000 ha.

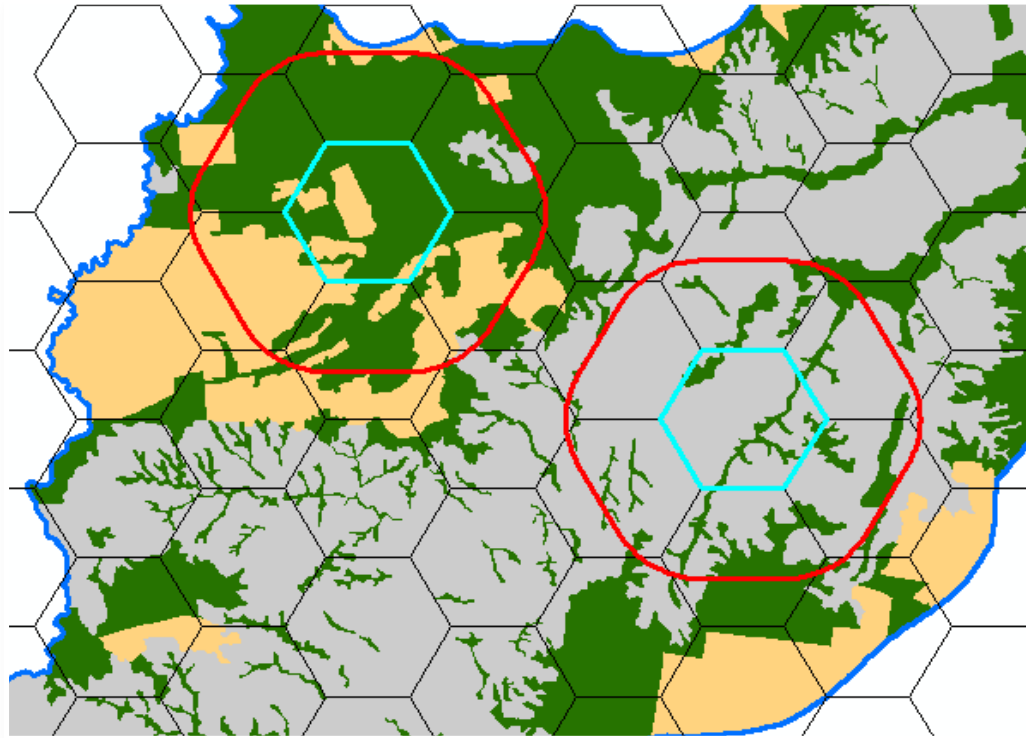


Figura 4.3 - Representação gráfica das diferentes escalas de análise. Em preto estão os hexágonos de 10.000 ha. Em azul claro estão destacados 2 hexágonos selecionados arbitrariamente, referindo-se a escala local, e em vermelho estão ilustradas suas respectivas escalas regionais.

#### 4.1.1 Cálculo de Métricas

Foram realizados dois grupos de análises, sendo um da estrutura da paisagem, e outro denominado de integridade de habitat. Ambos utilizaram a abordagem multi-escala indicado anteriormente. Apresentamos a seguir as duas abordagens de análise.

##### a) Estrutura da paisagem

Para esta fase das análises utilizamos a métrica porcentagem de cobertura de vegetação em cada célula de análise na escala local. Essa métrica foi selecionada por mostrar-se eficiente para propósito de planejamento de conservação e planejamento territorial (e.g. RITTERS *et al.*, 1995; HARGIS *et al.*, 1998; NEEL *et al.*, 2004 ; SCHINDLER *et al.*, 2008;

CUSHMAN *et al.*, 2008, BARRETO *et al.*, 2010). Ainda em relação a porcentagem de cobertura, cabe ressaltar que essa métrica é importante porque fornece informação sobre o processo de fragmentação de uma determinada área, sendo também indicativo do grau de percolação (STAUFFER, 1985; FARIG, 2003).

Porém, outras métricas podem ser utilizadas na análise e importantes pra conservação tais como: número de manchas (ou fragmentos em alguns casos) e índice médio da forma, mas o uso delas depende da escala do mapeamento e da configuração espacial da região. Como a abordagem adotada é multi-escala, calcular métricas em ambas as escalas (local e regional) é uma tarefa complexa para o ArcGIS sozinho, uma vez que existem sobreposições entre os vetores dos hexágonos. Desta forma, utilizamos um procedimento combinando rotinas na linguagem R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2010) e o ArcGIS, onde, em cada passo, era selecionado apenas um hexágono na escala local, era então gerado um *buffer* de 7 km em torno desse hexágono, o

que correspondia a um contexto de ~50.000 ha. O passo seguinte era calcular a área em cada classe de cobertura para ambas escalas, organizando as informações resultantes em formato de tabela. Como cada hexágono era identificado por um código distinto, ao final foi possível vincular a tabela de atributos com os polígonos, permitindo-se então a representação visual do resultado em forma de mapas.

#### b) Integridade de habitat

Uma segunda abordagem de análise realizada foi o da integridade de habitat. Nesta análise propusemos a utilização de um índice de integridade de habitat, ao qual estimamos, para cada hexágono, qual a proporção ponderada de habitat existente. Para tanto, atribuímos um peso para cada uma das classes de uso e cobertura dentro de cada hexágono. Os pesos para cada classe variaram de 0 a 1, conforme apresentado na Tabela 4.1. Estes índices são arbitrários mas de certa forma, retratam a qualidade do habitat em relação à biodiversidade, pois cada tipo de cobertura possui um potencial singular de contribuição para a biodiversidade.

Tabela 4.1 – Índice de integridade do habitat. Demonstração dos valores de 0 a 1 atribuídos às diferentes classes de uso e cobertura da sub-bacia do Zutiuá. Veg.= vegetação, Sec.= secundária.

CLASSES	PESO
Floresta Ombrófila	1,0
Mata de Galeria	1,0
Cerrado	1,0
Água	0,8
Veg. Sec. Floresta Ombrófila	0,7
Veg. Sec. com palmeiras	0,6
Vegetação com babaçual	0,6
Plantio de Eucalipto	0,3
Atividade de Pecuária Bovina	0,2
Área urbana	0,0

### 4.1.2 Análise de dados

Considerando as células hexagonais como unidade amostral (i.e. réplicas), procedeu-se então a organização dos dados de tal forma a permitir as análises. Para a métrica porcentagem de cobertura, utilizamos o método de quantis (onde o total do conjunto dos dados é subdividido em um número de classes, na qual cada uma tem o mesmo número de observações) para determinar os níveis de cortes das classes das faixas de porcentagens. As seguintes classes de níveis de porcentagens foram utilizadas nestas análises: <10%; 10-25%; 25-50%; 50-80% e 80-100%. Para cada faixa de % de cobertura foram estimados os seguintes parâmetros: a) frequência de hexágonos para a escala local; b) porcentagem de hexágonos para a escala local; c) porcentagem de hexágonos para a escala local; d) frequência de hexágonos para a escala regional; e) porcentagem de hexágonos para a escala regional; f) porcentagem de hexágonos para a escala regional.

Foram realizadas análises de correlação de Pearson utilizando o software R (R Development Core Team, 2011) para relacionar porcentagem de cobertura de vegetação nativa nas escalas local e regional para verificar diferenças na escala adotada. Combinando os resultados obtidos para ambas escalas, foram sugeridas estratégias de ações seguindo o proposto por Barreto et al. (2010), considerando as seguintes opções: aplicação da legislação vigente (ALE), a área/região deve ser conservada (CON); realizar manejo no contexto regional (MRE); realizar manejo nos contextos regional e local (MRL); manejo na escala local (MLO).

Para a integridade de habitat, considerando que este índice varia de 0 a 1, também realizamos uma análise de quantis, e encontramos os seguintes níveis de cortes: 0-0,20; 0,20- 0,40; 0,40-0,60; 0,60-0,80 e 0,80-1,00. Similarmente ao que se procedeu para porcentagem de habitat nativo, também foi realizada análise de correlação de Pearson para avaliar a relação entre os índices de integridade de habitat nas escalas local e regional.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### ANÁLISE DA PAISAGEM

#### ANÁLISE SOBRE A COBERTURA DE VEGETAÇÃO NATIVA

Existe uma dificuldade relacionada à análise da paisagem quando se considera a qual unidade amostral a análise deve se referir (BIRCH *et al.*, 2007; BARRETO *et al.*, 2010). Estudos mostram que existem três formas mais comuns de delimitar a unidade de paisagem a ser utilizada, sendo que, nenhuma delas leva em consideração as delimitações políticas e de propriedade, a saber: unidades em forma de retângulo, unidades hexagonais e unidades de bacias hidrográficas (GRIFFITH *et al.*, 2000; JURASINSKI & BEIERKUHNLEIN, 2006; SCHINDLER *et al.*, 2008). Críticas têm sido feitas, na literatura, a respeito dos três métodos, entretanto BIRCH *et al.* (2007) realizaram um estudo comparativo de publicações que utilizaram as unidades citadas acima. Os autores observaram que a utilização da grade com unidades hexagonais revelam melhor a sua vizinhança, já que sua área de contato com as células vizinhas e a distância de um ponto central de hexágonos a outra também é menor, revelando melhor os caminhos de conectividade e circulação do habitat e, conseqüentemente das espécies, mostrando-se assim mais interessante em modelagens ecológicas que pretendem visualizar a configuração espacial da área de estudo. Considerando que os aspectos acima expostos são de elevada importância para o presente estudo, utilizou-se as células hexagonais como unidade de análise.

Em escala local, observamos que 50% (n=63) das unidades de análise (UA) possuem uma porcentagem de cobertura de vegetação nativa menor que 10% (Ver Tabela 4.2). Este valor foi consideravelmente maior em relação às porcentagens apresentadas para as outras classes de cobertura.

Ainda em escala local, observou-se que a porcentagem de células com cobertura vegetal nativa menor ou igual a 25% representam 58,73% (n=74) do total de células amostradas (Tabela 4.2), o que demonstra um alto grau de fragmentação da região, que supera 50% da área total da sub-bacia do Zutuia. Considera-se então, que mais da metade da área da sub-bacia teve sua cobertura vegetal nativa removida ou bastante modificada. Em escala regional, a porcentagem de células com cobertura vegetal nativa inferior a 25% é bem similar, apresentando 59,52% do total de células amostradas.

Em relação às UA que apresentam cobertura de vegetação nativa na classe de 80 a 100%, observou-se que os valores são similares nas duas escalas de análise, 23,01% de células em escala local e 25,39% na escala regional.



Tabela 4.2 – Classes de cobertura da vegetação nativa em escalas local e regional (Freq10 = Número de células, Pct = Porcentagem, PCum= Porcentagem acumulada, 10: escala local, 50,escala regional).

Classes de cobertura de vegetação nativa	Freq10	Pct10	Cum10	Freq50	Pct50	PCum50
0-10%	63	50,00%	50,00	70	55,55	55,55
10-25%	11	08,73%	58,73	05	03,96	59,52
25-50%	14	11,11%	69,84	13	10,32	69,84
50-80%	09	07,14%	76,98	06	04,76	74,60
80-100%	29	23,01%	100,00	32	25,39	100,00
Total	126	100		126	100	

Assim, considerando a paisagem em escala local e regional e as porcentagens de cobertura para cada UA, agrupamos essas porcentagens de cobertura nativa em cinco classes que podem ser observadas nas Figuras 4.4 e 4.5.

A sub-bacia do Zutiua possui uma área total de 9.825km<sup>2</sup> e desta área ~60% apresenta cobertura vegetal nativa inferior a 25%, ou seja, a sub-bacia encontra-se em estado crítico de fragmentação do habitat, na escala regional. Uma sub-bacia onde aproximadamente 60% da área está em estado crítico de cobertura possui uma situação delicada em relação à manutenção de ecossistemas básicos para a manutenção da biodiversidade e serviços ecossistêmicos locais, além de que esses dados tratam-se de evidência do impacto regional causado pelo crescimento das atividades econômicas na sub-bacia como foi ressaltado por FAHRIG (2001; 2003) e por HUGGETT (2005). Supõe-se que, nesta área, a capacidade de movimentação para alguns grupos de espécies é limitada, assim com a capacidade de suportar espécies que possuem grande área de vida, como mamíferos de médio e grande porte, que necessitam de extensas áreas para a sobrevivência (BOSCOLO *et al.*, 2008; AWADE & METZGER, 2008; MARTENSEN *et al.*, 2008; METZGER *et al.*, 2009). A biodiversidade e as paisagens encontram-se em risco nesta região caso medidas efetivas não sejam tomadas, no intuito de manejo e gestão. Assim sendo, considera-se esta análise e resultados apresentados altamente relevantes pra propostas de planejamento territorial e pra delineamento das estratégias de conservação mais adequadas pra região.

É provável que essa modificação tenha ocorrido concomitante às novas formas de utilização do solo a que estão sujeitas as áreas de cobertura crítica, especialmente a pecuária extensiva, que cobre grande parte das células hexagonais da porção central rumo à nordeste da sub-bacia (como pode vista na Figura 4.4), entremeando-se ainda a regiões bem próximas às áreas que apresentam maior porcentagem de cobertura vegetal.

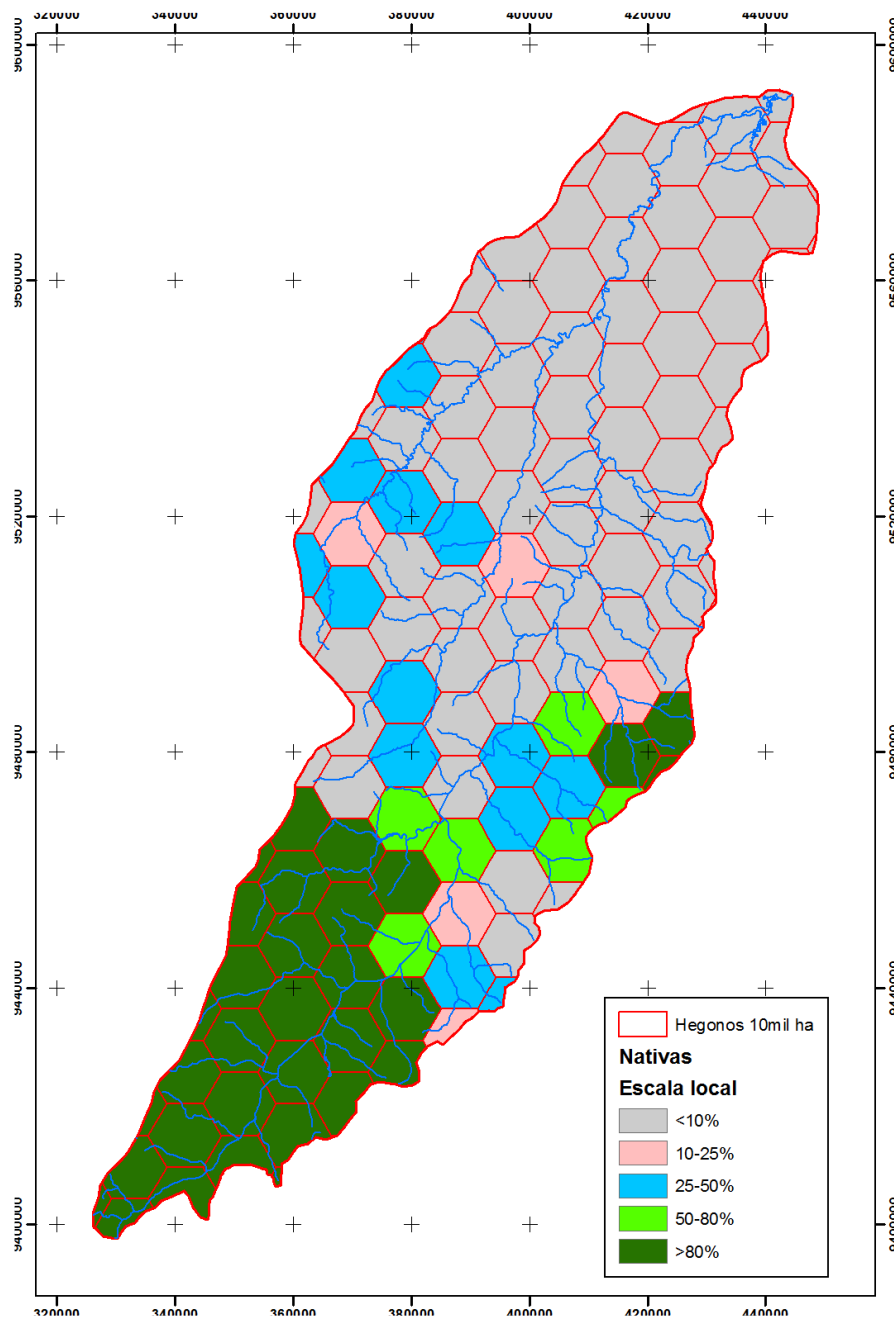


Figura 4.4 – Classes de cobertura de vegetação nativa, valores atribuídos para cada UA (unidade de análise) de 10.000 ha, estimado em escala local.

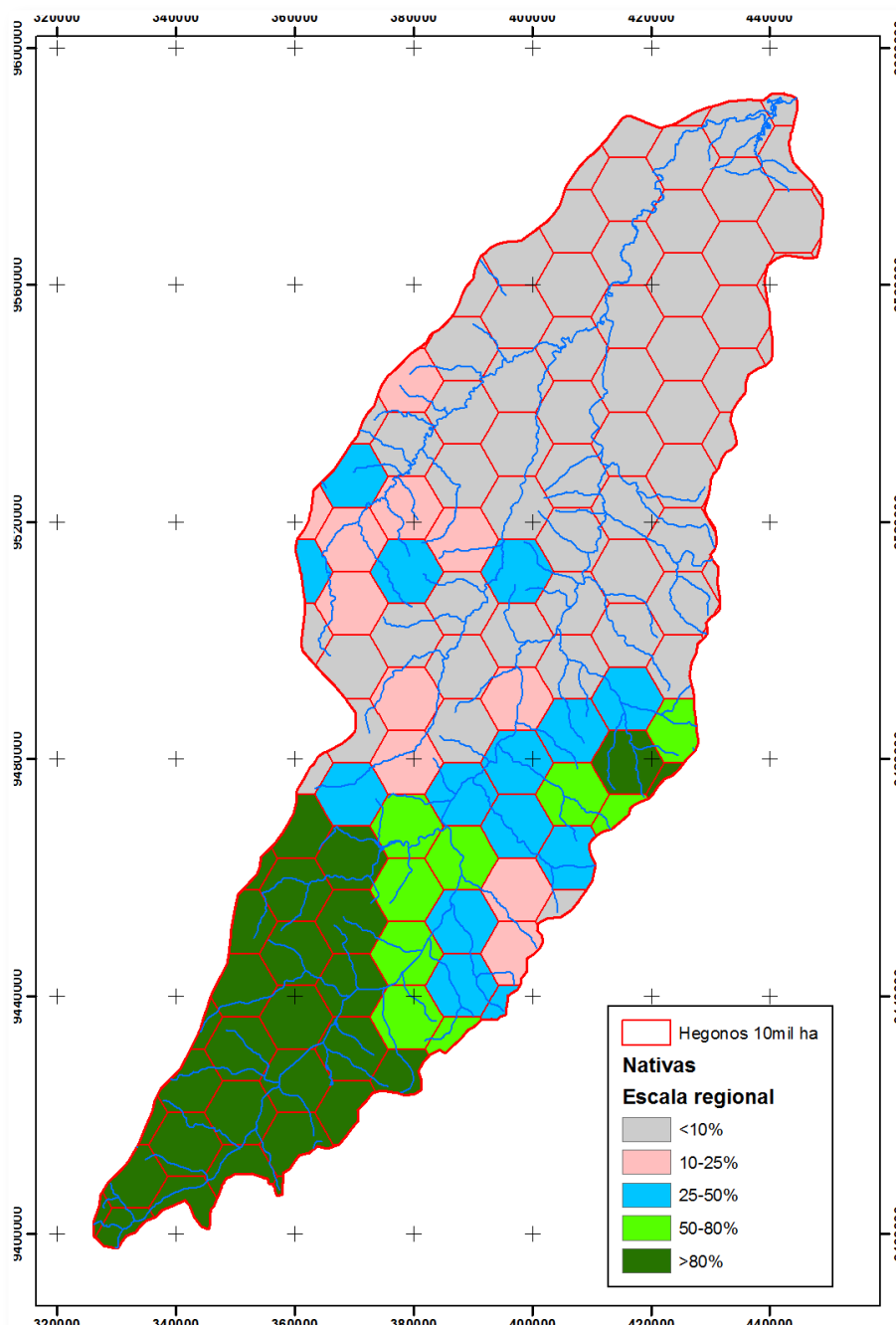


Figura 4.5 – Classes de cobertura de vegetação nativa, valores atribuídos para cada UA (unidade de análise) de 10.000 ha, mas estimado em escala regional (50.000 ha ao redor do ponto central da UA).

A sub-bacia apresenta uma grande extensão de áreas onde a vegetação nativa sofreu forte modificação em sua estrutura, estas são caracterizadas na classe de uso e cobertura de vegetação secundária. Este tipo vegetacional, comumente decorre da retirada da vegetação arbórea e arbustiva, sem interesse econômico óbvio e manutenção das palmeiras (babaçu ou outras), pois assim tais áreas são utilizadas na manutenção do gado, cultivo de pasto, arrendamento para o mesmo fim ou ainda para facilitar a extração do coco babaçu (IMESC, 2010; LABGEO, 2010).

Na análise do mapa de uso e cobertura percebe-se um gradiente nítido na cobertura vegetal nativa entre a região sul e norte da sub-bacia. A região sul apresentou mais de 90% das células com cobertura de vegetação nativa variando entre 80 e 100%, enquanto a maior quantidade de células com cobertura menor que 25% encontra-se no meio norte da sub-bacia. Para propósitos de planejamento regional e priorização de ações podemos sugerir algumas estratégias de manejo local e regional que devem ser realizadas a curto prazo principalmente na parte centro-norte da sub-bacia. Justamente ao sul, encontra-se a área da Terra Indígena Araribóia (Figura 4.6, com destaque à T.I. Araribóia), homologada pelo decreto 98.852 de 23 de janeiro de 1990, com área de 413.288 ha. Os povos indígenas habitantes são os Guajá e Guajajara, com uma população de aproximadamente 3.292 pessoas e Awá Guajá, povo isolado de qualquer outra população, do qual se desconhece número de pessoas e qualquer outra informação demográfica (FUNAI/BSB, 1994). A região fronteira à T.I. Araribóia é local de amplos conflitos relacionados ao corte de madeira ilegal, arrendamento de terras, invasão de posseiros e ainda é atravessada pelas rodovias MA 122, MA 006 e pela Estrada de Ferro Carajás. A situação indica que a manutenção da cobertura nativa está diretamente ligada à existência T.I. Araribóia e à resistência dos povos indígenas da região à ocupação e atividade ilegais de depredação de recursos naturais, essenciais para a manutenção dessas populações.

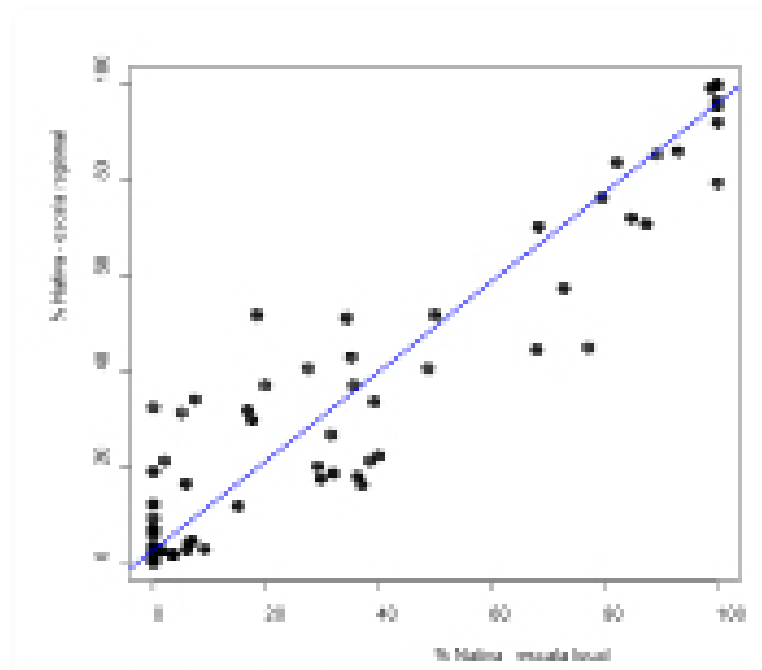
A Tabela 4.2 apresenta os dados gerais para as duas escalas de análise (local e regional) com os valores de cobertura da vegetação nativa distribuídos nas cinco classes pré-estabelecidas. As porcentagens de células estão combinadas de acordo com a classe de cobertura para as duas escalas.

Pode-se observar na Tabela 4.3 que o maior número de UA ( $n=65$ ), tanto em escala local como regional tem cobertura vegetal nativa menor que 10%, seguido do número de 30 UA com classes de cobertura de 80 a 100%, em ambas as escalas.

Analisou-se estatisticamente o comportamento das porcentagens de cobertura de vegetação nativa local com a regional, e observou-se que há uma forte correlação de Pearson entre elas ( $r=0,97$ ;  $p<0,001$ ;  $n=130$ ) o que pode ser observado na Figura 4.7.

Tabela 4.3 - Número de células combinando classes de vegetação nativa nas escalas local e regional.

Cobertura de Vegetação Nativa em escala local	Cobertura de Vegetação Nativa em escala regional				
	<10%	10-25%	25-50%	50-80%	80-100%
<10%	65	4	3	0	0
10-25%	0	1	3	1	0
25-50%	0	7	6	1	0
50-80%	0	0	2	4	0
80-100%	0	0	0	3	30



**Figura 4.7 – Relação entre a porcentagem cobertura de vegetação nativa local e regional (Correlação de Pearson:  $r=0,97$ ;  $p<0,001$ ;  $n=130$ ).**

Analizou-se também a composição da sub-bacia quanto à cobertura de um tipo específico de vegetação nativa, a floresta ombrófila, em escala local (Figura 4.8) e regional (Figura 4.9).

Analizou-se estatisticamente o comportamento das porcentagens de cobertura de floresta local com a regional, e observou-se que há uma forte correlação de Pearson entre elas ( $r=0,97$ ;  $p<0,001$ ;  $n=130$ ) o que pode ser observado na Figura 4.10.

Os mapas de cobertura por vegetação nativa e florestas pouco diferiram, apresentando uma pequena diferença ao sul da sub-bacia, onde algumas células ( $n=3$ ) com classe decobertura nativa maior que 80% aparecem no mapa de cobertura florestal na classe de 50 a 80%. Estas células correspondem a áreas de cerrado e alguns locais de vegetação ripária e estão localizadas na intersecção dos dois tipos vegetacionais ao sul da sub-bacia.

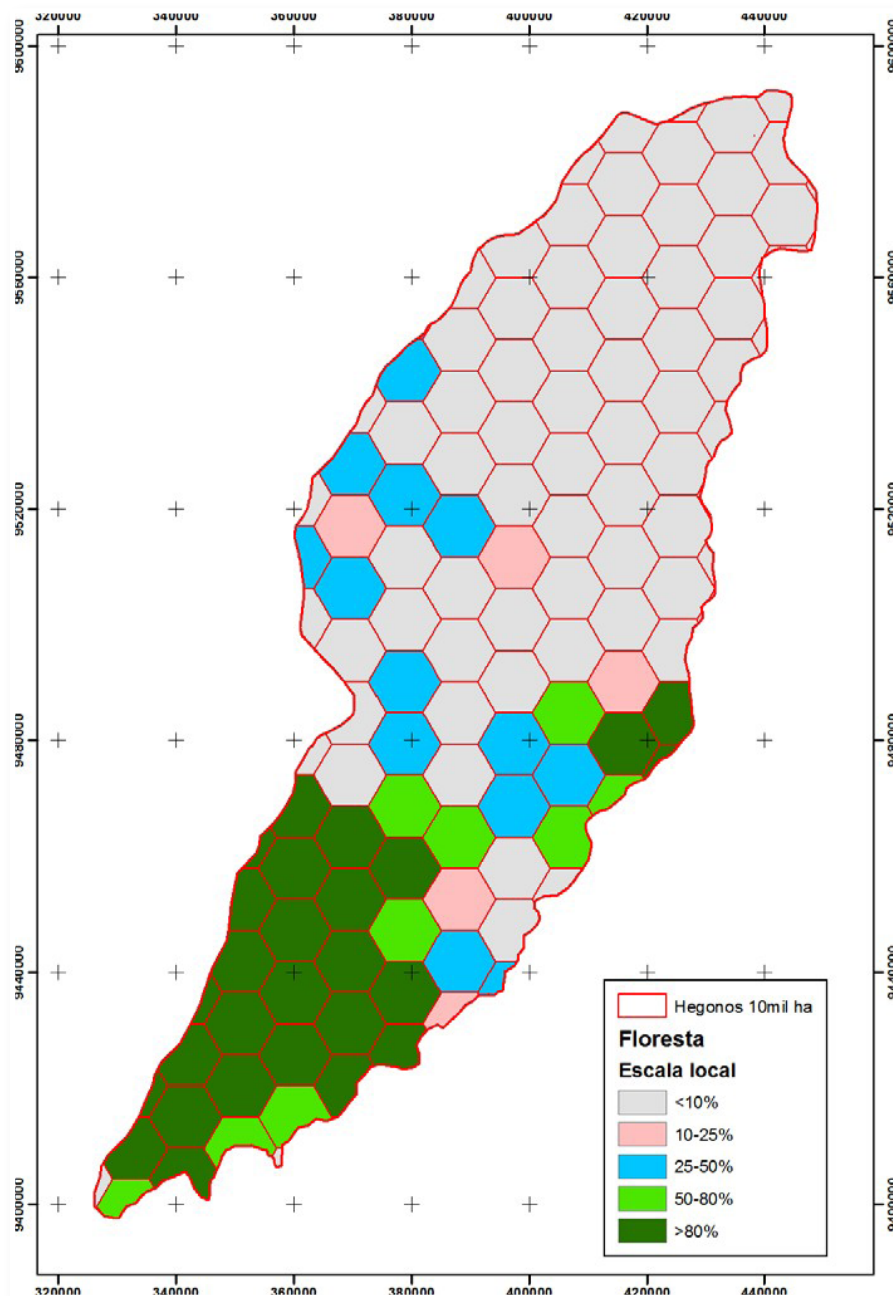


Figura 4.8 - Classes de cobertura de floresta ombrófila, valores atribuídos para cada UA (unidade de análise) de 10.000 ha.

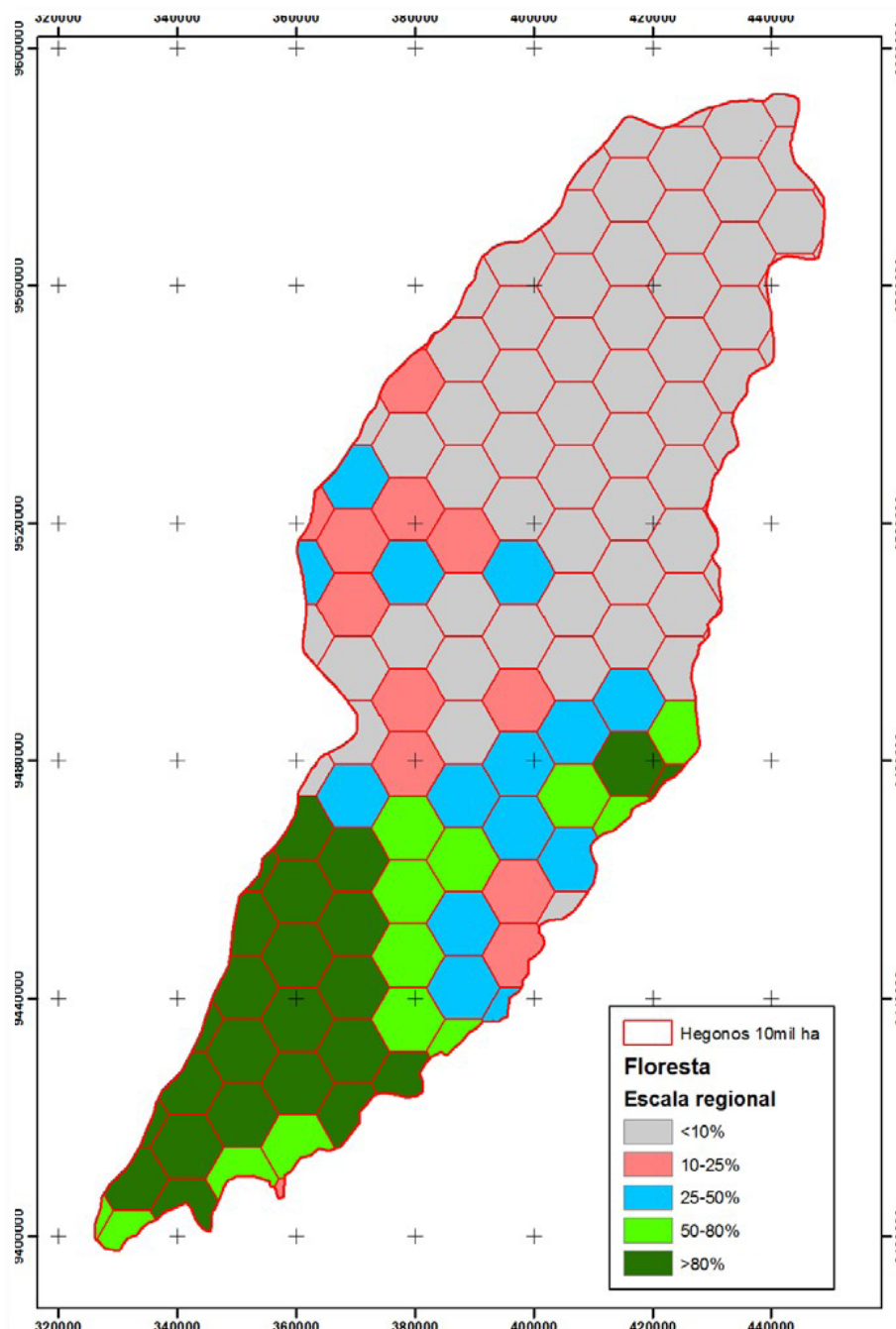
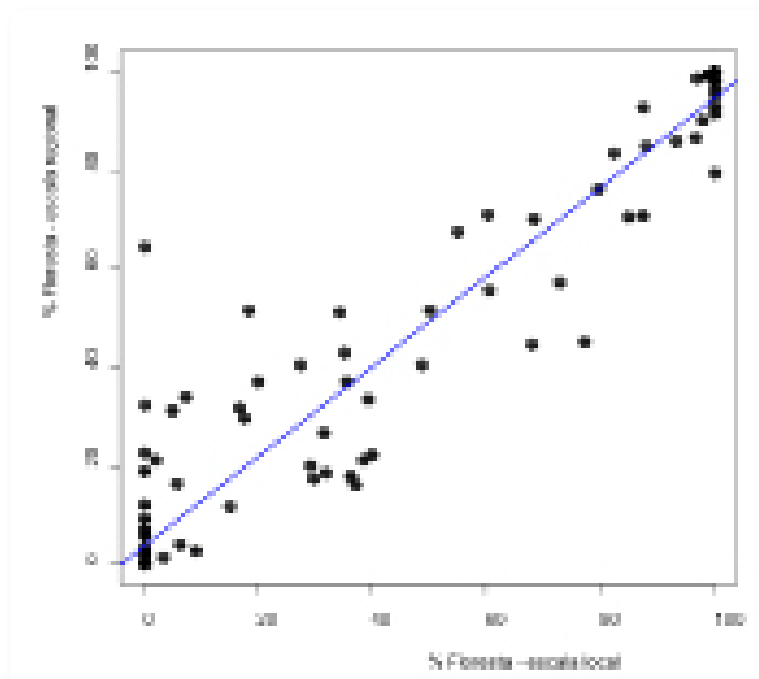


Figura 4.9 - Classes de cobertura de floresta ombrófila, valores atribuídos para cada UA (unidade de análise) de 10.000 ha, mas estimado em escala regional (50.000 ha ao redor do ponto central da UA).



**Figura 4.10 – Relação entre a porcentagem de floresta ombrófila nas escalas local e regional (Correlação de Pearson:  $r=0,97$ ;  $p<0,001$ ;  $n=130$ ).**

Apesar da pouca diferença entre as classes de cobertura nos mapas de vegetação nativa e cobertura florestal, ressalta-se que, quando se trabalha em regiões fragmentadas faz-se necessário um detalhamento criterioso da região, a fim de alcançar o melhor modelo da realidade local. Esse mosaico mostra o quão heterogêneo é o ambiente e como se dá a organização das diferentes formações vegetais.

Os resultados apresentaram pequenas variações quando as duas escalas (local e regional) foram comparadas. Podemos supor e atribuir a pequena diferença à sensibilidade do método para estudos em áreas inferiores a 50.000 ha (BARRETO *et al.*, 2010).

Enfatizamos que a resposta requerida pode, por muitas vezes, ser mascarada pela unidade de análise utilizada. A utilização de análise em multi-escala requer a compreensão da resposta que se busca. Tratando-se de gestão de paisagem a nível local, é provável que a resposta obtida através de hexágonos em escala regional não seja satisfatória. Assim, o método deve ser ajustado de acordo com a real necessidade da região.

#### 4.1.2 INTEGRIDADE DO HABITAT

Os índices de integridade dos habitats foram atribuídos a cada célula hexagonal na área de estudo, pode-se observar um nítido gradiente de diminuição do índice de integridade da região sul da sub-bacia à região norte, ou seja, valores de integridade de habitat são maiores no sul e diminuem em relação à região do norte, nas duas escalas de amostragem (local e regional), uma vez que áreas de mosaicos e de vegetação secundária são encontradas mais na parte centro-norte da sub-bacia, como pode ser bem visualizado nas Figuras 4.11 e 4.12.

Analisou-se estatisticamente a relação entre os índices de integridade do habitat na escala local e regional. Observou-se que há uma forte correlação de Pearson entre elas ( $r=0,96$ ;  $p<0,05$ ;  $n=130$ ) o que pode ser observado na Figura 4.13.



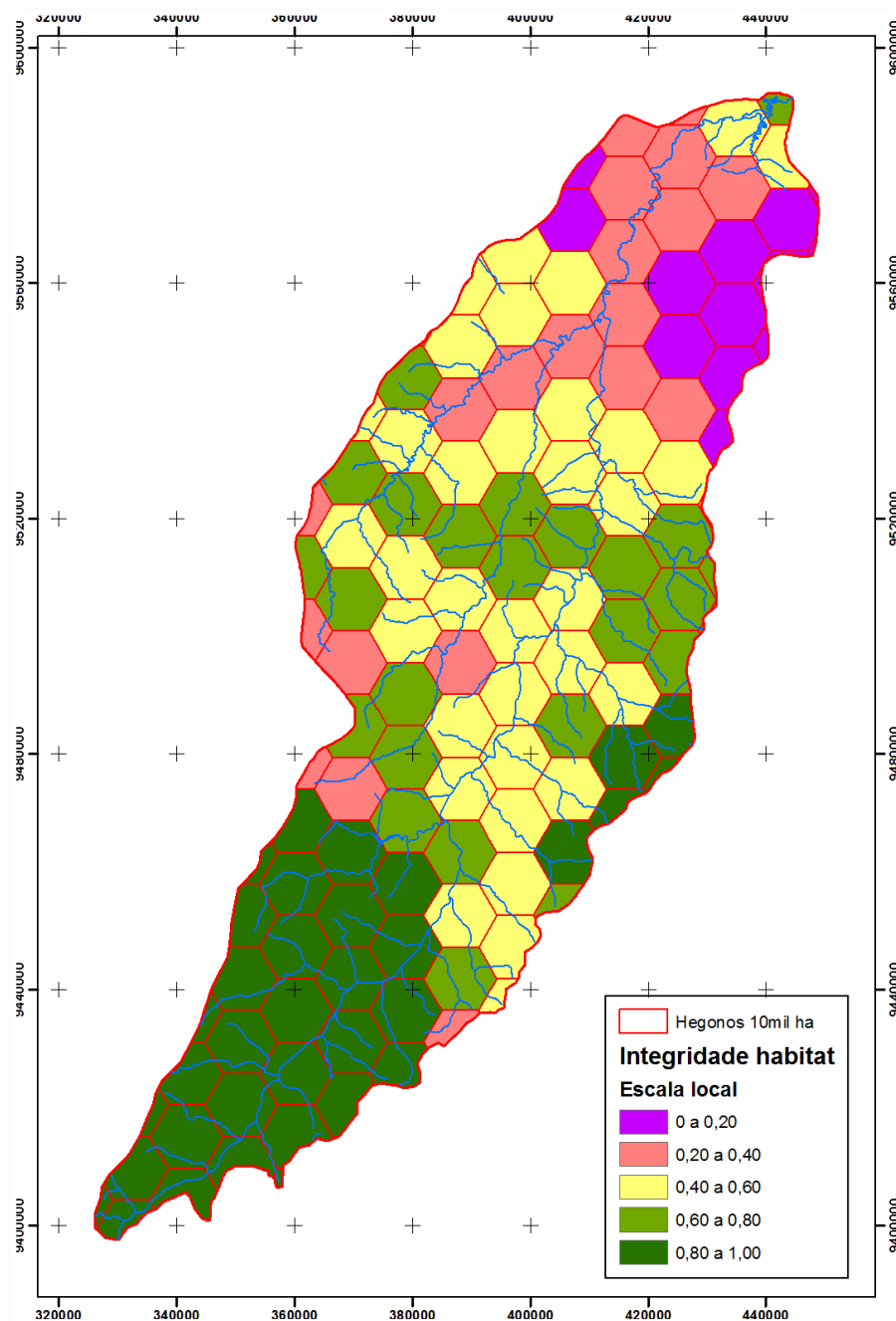


Figura 4.11 – Índices de integridade de habitat em escala local, para a sub-bacia hidrográfica do Zutuia.

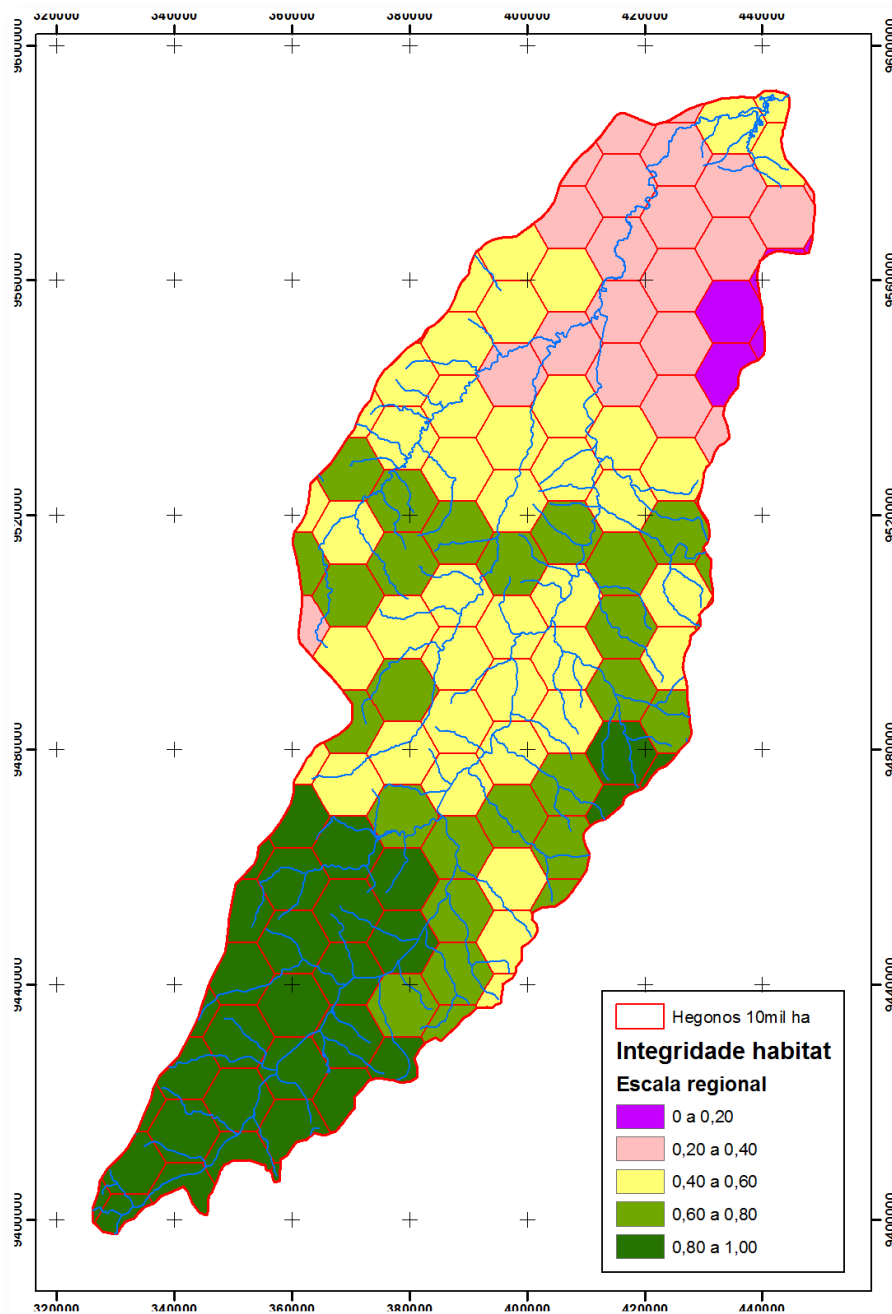


Figura 4.12 – Índices de integridade de habitat em escala regional, para a sub-bacia hidrográfica do Zutuia.

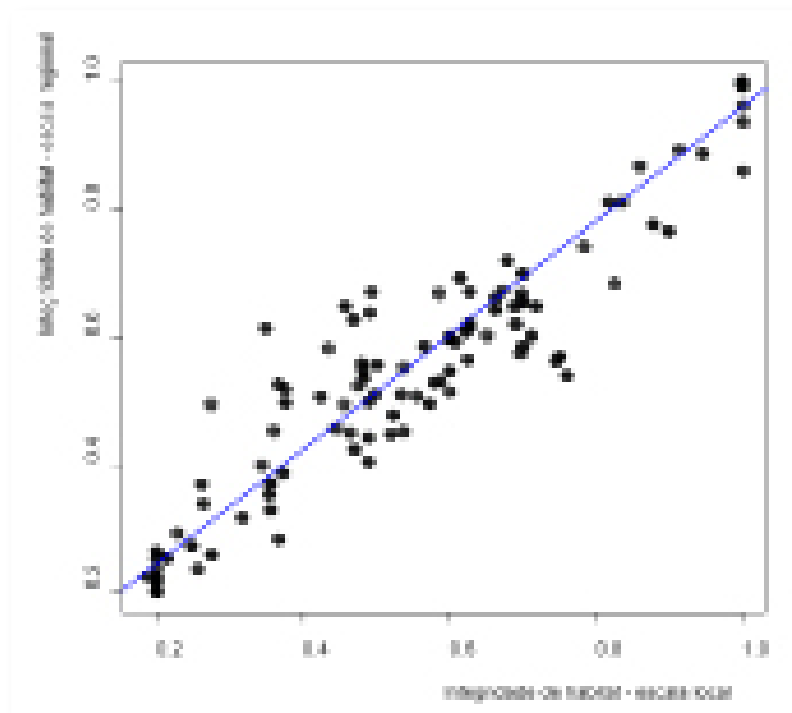


Figura 4.13 – Relação entre os índices de integridade do habitat nas escalas local e regional (Correlação de Pearson:  $r=0,96$ ;  $p<0,001$ ;  $n=130$ ).

### 4.1.3 ESTRATÉGIAS DE CONSERVAÇÃO E PLANEJAMENTO TERRITORIAL PARA AS UNIDADES DE ANÁLISE

Realizou-se a indicação de determinadas estratégias para conservação e planejamento, baseadas essencialmente nas classes de cobertura de vegetação nativa, em abordagens multi-escala (local e regional), como podem ser observadas em maior detalhamento na Tabela 4.4, onde são relacionadas às classes de cobertura de vegetação nativa, nas duas escalas.

Tabela 4.4 Ações de conservação e estratégias em multi-escala, as ações foram baseadas nos estados de cobertura por vegetação nativa. Legenda: ALE = aplicação da legislação vigente, CON = conservada; MRE = manejo regional; MRL = manejo regional e local; MLO = manejo local.

Cobertura de Vegetação Nativa em escala local	Cobertura de Vegetação Nativa em escala regional				
	<10%	10-25%	25-50%	50-80%	80-100%
<10%	ALE	ALE	MRL	MLO	MLO
10-25%	ALE	ALE	MRL	MLO	MLO
25-50%	MRE	MRL	MRE	MLO	MLO
50-80%	MRE	MRL	MRE	CON	CON
80-100%	MRE	MRE	MRE	CON	CON

As ações direcionadas à conservação e planejamento sugeridas são cinco, segue descrição mais detalhada de cada indicação:

- ALE= Aplicação da legislação vigente. Estas, correspondem às células de intenso uso e baixíssima cobertura nativa (menor que 10%), a gestão da área deve priorizar a aplicação da legislação vigente em escala local e regional.
- MLO= Manejo local, pois aqui as condições de cobertura na escala regional são boas;
- MRE= Manejo regional, especialmente nas células vizinhas à UA, estas sugestões são aplicáveis pois estas UA possuem uma cobertura razoável, havendo a necessidade de foco do manejo nas células vizinhas.
- MRL= Manejo local e regional, aplicável nas UA e às células de seu entorno, já que a cobertura aqui apresenta valores baixos de cobertura, assim a intervenção precisa girar localmente e na vizinhança.
- CON= Área prioritária à proteção e promoção da conservação local e regional, sugere-se verificar potenciais riscos e priorizar tais áreas à inserção na rede de unidades de conservação.

As estratégias de conservação foram elencadas de acordo com as porcentagens de cobertura em ambas escalas, seguindo a seguinte organização: para valores de cobertura local e regionais menores que 25% sugeriu-se ALE; para valores de cobertura local variando de 25 a 100% e regional menores que 10%, valores locais entre 80 e 100% e regional de 0 a 50%, e valores locais de 25 a 50% e regionais na classe de 25 a 50% sugeriu-se MRE; para valores locais entre

25 e 80% e regionais de 0 a 25% e valores locais de 0 a 25 e regionais de 25 a 50% sugeriu-se a ação MRL; para áreas com cobertura local entre 0 e 50% e regionais de 50 a 100% foi sugerida a estratégia MLO e áreas com cobertura local variando de 50 a 100% e regionais entre 50 a 100% foram classificadas em CON ( Ver Figura 4.14).

Cabe ressaltar que grande parte da área, com a estratégia CON sugerida, está dentro dos limites da da T. I. Araribóia, assim faz-se necessária a demarcação da área indígena (apenas homologada), para garantia dos direitos das populações indígenas, diminuição de conflitos e utilização sustentável dos recursos locais.

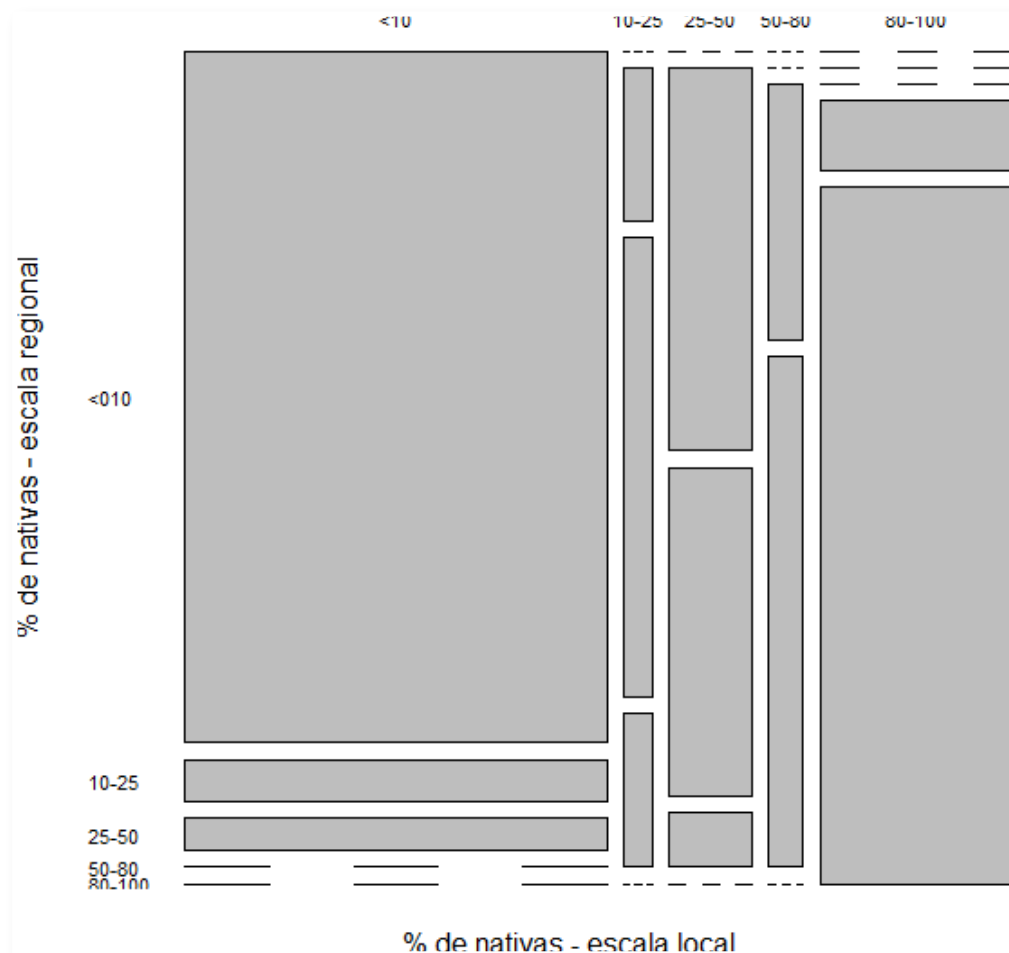


Figura 4.14 – Proporção das estratégias de conservação em abordagem multi-escala (local e regional).

## CONCLUSÕES

A sub-bacia do Zutiua encontra-se em estado crítico de fragmentação, com aproximadamente 60% de sua área exposta a uma cobertura vegetal nativa menor que 10%, havendo assim, necessidade urgente de implementação de medidas que visem o manejo em escala local e global, garantindo um planejamento de áreas e a conservação da biodiversidade e dos ecossistemas;

A região de cobertura mais conservada está ao sul da sub-bacia e é provavelmente um resultado da área homologada como Terra indígena Araribóia, e este estado de conservação pode ser decorrente das práticas e uso tradicional da terra nesta localidade;

Este estudo corrobora a necessidade de demarcação da Terra Indígena Araribóia como uma das medidas de mitigação a muitos dos impactos em sua área de entorno, pois a mesma representa a maior porção contínua de vegetação nativa na sub-bacia e representa provavelmente o maior refúgio da vida silvestre na região, assim como pode representar grande influência no clima a nível local;

A avaliação em multi-escala mostrou que pode-se apontar diferenças estratégicas de conservação quando se amplia a dimensão da análise.

A utilização de indicadores ambientais, baseados no modelo de PSR, podem simbolizar um potente instrumento de gestão e monitoramento na sub-bacia do Zutiua, pois demonstram com clareza a relação entre as principais pressões, suas formas de quantificação e as maneiras de reações sociopolíticas;

Os mais graves indicadores de pressão registrados foram a extração de produtos vegetais, em especial a madeira para produção de lenha e carvão vegetal e a expansão da pecuária, ambos podem ser apontados como indicadores transversais que afetam, inclusive, vários indicadores de estado. Esses indicadores dividem-se desigualmente pelas unidades administrativas (municípios) o que certa forma facilita a gestão e a elaboração de um plano de mitigação.

Por fim, esclarecemos que a utilização de indicadores, no modelo PSR, para o cálculo de índices, é um desafio para a sub-bacia do Zutiua, pois apesar de muitos fatores de pressão serem conhecidos, faltam dados numéricos que demonstrem a magnitude dessa pressão. Assim, o cálculo de índices no modelo PSR poder ser falho gerando números que não contém significado real.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSON, C. D.; EPPERSON, B. K.; FORTIN, M.; HOLDEREGGER, R.; JAMES, P.

M. A.; ROSENBERG, M.; SCRIBNER, K. T., SPEAR, T. *Considering spatial and temporal scale in landscape-genetic studies of gene flow*. Molecular Ecology Volume 19, Issue 17, pages 3565–3575, 2010.

AWADE, M., METZGER, J.P., *Using gap-crossing capacity to evaluate functional connectivity off-wo Atlantic rainforest birds and their response to fragmentation*. Austral Ecology 33, 863–871, 2008

BARRETO, L. N.; RIBEIRO, M. C.; VELDKAMP, A.; EUPEN, M.; PONTES, E. *Exploring*

*effective conservation networks based on multi-scale planning unit analysis*. A case study of the Balsas sub-basin, Maranhao State, Brazil. Ecological Indicators 10:1055–1063, 2010.

- BHATTACHARYA, M.; PRIMACK, R. B.; GERWEIN, J. *Are roads and railroads barriers to bumblebee movement in a temperate suburban conservation area?* *Biological Conservation* 109:37–45, 2003.
- BIRCH, C.P.D., OOM, S.P., BEECHAM, J.A., 2007. *Rectangular and hexagonal grids used for observation, experiment and simulation in ecology.* *Ecological Modelling* 206, 347–359, 2007.
- BOSCOLO, D., CANDIA-GALLARDO, C., AWADE, M., METZGER, J.P. Importance of inter-habitat gaps and stepping stones for Lesser Woodcreepers (*Xiphorhynchus fuscus*) in Atlantic Forest, Brazil. *Biotropica* 40, 273–276, 2008.
- CENDRERO, A.; FRANCES, E.; LATRUBESSE, E. M.; PRADO, R.; FABBRI, A.; PANIZZA, M.; CANTU, M. P.; HURTADO, M.; GIMENEZ, J. E.; MARTINEZ, O.; CABRAL, M.; TECCHI, R. A.; HAMITY, V.; FERMAN, J. L.; QUINTANA, C.; CECCIONI, A., RECATALÁ, L.; BAYER, M.; AQUINO, S. 2002. Projeto RELESA-ELANEM: *uma Nova Proposta Metodológica de Índices e Indicadores para Avaliação da Qualidade Ambiental.* *Revista Brasileira de Geomorfologia*, Ano 3, Nº 1:33-47, 2002.
- CENDRERO, A.; FRANCÉS, E.; CORRAL, D. del. *Environmental quality indices; a tool for assessing and monitoring geoenvironmental map units* In: *Cartografia Geotécnica e Geoambiental: Conhecimento do Meio Físico: Base para a Sustentabilidade.* 2004. O.J. Pejon & L. Zuquette (ed.). Ed. USP, Brasil: 525-564, 2004.
- CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente (2005). Resolução CONAMA 357/05. Disponível em: <http://www.mma.gov.br>, acesso em 4 de abril, 2011.
- CULLEY, T.M.; SBITA, S. J.; WICK, A., *Population Genetic Effects of Urban Habitat Fragmentation in the Perennial Herb Viola pubescens (Violaceae) using ISSR Markers.* *Annals of Botany* 1–10, 2007.
- CUSHMAN, S.A., MCGARIGAL, K., NEEL, M.C., 2008. Parsimony in landscape metrics: strength, universality and consistency. *Ecological Indicators* 8, 691–703, 2008
- DYER, R. J.; NASON, J. D.; GARRICK, R. C. *Landscape modelling of gene flow: improved power using conditional genetic distance derived from the topology of population networks* *Molecular Ecology* 19:3746–3759, 2010 .
- ESRI (Environmental Systems Research Institute), 1999. *ArcView version 3.2.* Redlands, CA. FAHRIG, L., MERRIAM, G., *Habitat patch connectivity and population survival.* *Ecology* 66, 1762–1768, 1985.
- FAHRIG, L. *Effects of habitat fragmentation on biodiversity.* *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematic* 34, 487–515, 2003.
- FRANKLIN, A. B.; NOON, B. R.; GEORGE, T. L. *What is habitat fragmentation?* *Studies in Avian Biology* No. 25:20-29, 2002.
- GRIFFITH, J.A., MARTINKO, E.A., PRICE, K.P., *Landscape structure analysis of Kansas at three scales.* *Landscape and Urban Planning* 52, 45–61, 2000.
- HENLE, K; LINDENMAYER, D. B.; MARGULES, C. R.; SAUNDERS, D. A.; WISSEL, C. *Species survival in fragmented landscapes: where are we now?* *Biodiversity and Conservation* 13: 1–8, 2004.
- HAMMOND, A.; ADRIAANSE, A.; RODENBURG, E.; BRYANT, D.; WOODWARD, R.

- Environmental Indicators: A systematic approach to measuring and reporting on policy performance in the context of sustainable development.* World Resources Institute, 1995.
- HARGIS, C.D., BISSONETTE, J.A., DAVID, J.L. *The behaviour of landscape metrics commonly used in the study of habitat fragmentation.* Landscape Ecology 13, 167–186, 1998.
- HERMANN, B. C.; RODRIGUES, E.; LIMA, A. *A paisagem como condicionadora de bordas de fragmentos florestais.* Floresta, Curitiba, PR, v.35, n. 1, jan./abr. 2005.
- HUGGETT, A.J. *The concept and utility of “ecological thresholds” in biodiversity conservation.* Biological Conservation 124, 301–310, 2005.
- IMESC: Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos. Indicadores Ambientais do Estado do Maranhão / Instituto Maranhense de Estudos socioeconômico e cartográfico. São Luís, 2009.
- IMESC, Anuário Estatístico do Maranhão / Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos. V. 1 (1968) - São Luís, 2010.
- IWATA B. F.; CÂMARA F. M. M. .Caracterização ecológica da comunidade fitoplanctônica do rio Poti na cidade de Teresina no ano de 2006. II Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica João Pessoa - PB - 2007
- JENNERSTEN, O. *Pollination in Dianthus deltoides (Caryophyllaceae): effects of habitat fragmentation on visitation and seed set.* Conservation Biology 2:359–366, 1988.
- JURASINSKI, G., BEIERKUHNLIN, C. Spatial patterns of biodiversity-assessing vegetation using hexagonal grids. Biology and Environment: proceedings of the Royal Irish Academy 106B, 401–411, 2006.
- KWAK, M. M.; VELTEROP, O.; VAN ANDEL, J. *Pollen and gene flow in fragmented habitats.* Applied Vegetation Science 1:37–54, 1998.
- LABGEO. *Mapeamento do uso e cobertura da terra da bacia do rio Zutiua – Relatório Técnico.* UEMA: São Luis, 2010.
- LANG, S.; BLASCHKE, T.; *Análise da Paisagem com SIG.* São Paulo: Oficina de textos, 2009.
- MARTENSEN, A.C., PIMENTEL, R.G., METZGER, J.P. *Relative effects of fragment size and connectivity on bird community in the Atlantic Rain Forest: implications for conservation.* Biological Conservation 141, 2184–2192, 2008.
- MCGARIGAL, K.; MARKS, B. J. *FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure.*, USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. 1995
- METZGER, J. P. *Tree functional group richness and landscape structure in Brazilian tropical fragmented landscape.* Ecological Applications, v. 10, n. 4, p. 1147 - 1161. 2000.
- METZGER, J.P., MARTENSEN, A.C., DIXO, M., BERNACCI, L.C., RIBEIRO, M.C.,
- TEIXEIRA, A.M.G., PARDINI, R. *Time-lag in biological responses to landscape changes in a highly dynamic Atlantic forest region.* Biological Conservation 142, 1180–1191, 2009.
- MILLS, L. S.; TALLMON, D. A. *The role of genetics in understanding forest fragmentation.* In: Forest fragmentation: wildlife and management implications—Rochelle JA, Lehmann LA, Wisniewski J, eds. Boston: Brill. 171–186, 1999.



- MONTEIRO, M. A. *Problemas e perspectivas da verticalização da produção da hematita na Amazônia oriental brasileira: o caso da produção de ferro-gusa*. In: Klein, E. L., VASQUEZ, M.L., ROSA-COSTA, L.T. (Org.) *Contribuições à Geologia da Amazônia*, Vol 3. Belém: Sociedade Brasileira de Geologia - Núcleo Norte (SBG - NO), p. 23-32, 2002.
- NEEL, M.C., MCGARIGAL, K., CUSHMAN, S.A. Behaviour of class-level landscape metrics across gradients of class aggregation and area. *Landscape Ecology* 19, 435–455, 2004.
- RATHCKE, B. J.; JULES, E. S. *Habitat fragmentation and plant–pollinator interactions*. *Current Science* 65:273–277, 1993.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM (2011). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.
- REGO NETO, C. B. *Análise da dinâmica da paisagem e de geoindicadores ambientais no uso do solo da Bacia do Pindaré, Maranhão, Brasil – Relatório de pesquisa*. CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, 2010.
- REGO NETO, C. B.; CENDRERO, A. Considerações sobre a utilização de indicadores e índices no mapeamento e gestão ambiental de municípios: Aplicação em Florianópolis – SC. 2007. 6º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA E GEOAMBIENTAL - (ABGE).
- RODRIGUES, E. H. C.; BARRETO, L. N. *Ecologia das comunidades de microalgas como instrumento de biomonitoramento do rio Pindaré, Maranhão*. Relatório de atividades do CAPES - PROGRAMA WAGENINGEN n. 008/2009.
- ROMANO, B. *Evaluation of urban fragmentation in the ecosystems* In: International Conference on Mountain Environment and Development (ICMED - CHENGDU, Sichuan, China) october 15-19, 2002. Disponível em [http://dau.ing.univaq.it/planeco/staff/romano/pdf\\_publicazioni/China\\_2002.pdf](http://dau.ing.univaq.it/planeco/staff/romano/pdf_publicazioni/China_2002.pdf), último acesso em 14 de novembro de 2009.
- SEMATUR. *Diagnóstico dos Principais Problemas Ambientais do Estado do Maranhão*. São Luís, 193p, 1991.
- SHIRK, A. J.; WALLIN; CUSHMAN, D.O.S.A.; RICE, C.G.; WARHEIT. K.I. *Inferring landscape effects on gene flow: a new model selection framework*. *Molecular Ecology* 19, 3603–3619, 2010.
- SILVA, E. C. G. *Crítérios e indicadores ambientais utilizados por bancos de desenvolvimento para avaliação de projetos*. Tese de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa-MG, 2006.
- SILVA, L.V.; SILVA, M. R. C.; BARRETO, L. N.; RODRIGUES, E. H. C. *Determinação de Análises Físico- Química da Água e Sedimento da Bacia do Rio Pindaré, nos Municípios de Pindaré - Mirim, Alto Alegre e Tufilândia Maranhão*.o Relatório de atividades do CAPES - PROGRAMA WAGENINGEN n. 008/2009.
- SOARES, J. J.; SILVA D. W.; LIMA, M. I. S. *Current state and projection of the probable original vegetation of the são carlos region of são paulo state, brazil*. *Braz. J. Biol.*, 63(3): 527-536, 2003.

SOUZA, B.; COSTA, R. I. F.; LOUZADA, J. N. C. *Influência do tamanho e da forma de fragmentos florestais na composição da taxocenose de crisopídeos (Neuroptera: Chrysopidae)* Arq. Inst. Biol., São Paulo, v.75, n.3, p.351-358, jul./set., 2008

SPIRA, T. P. *Plant–pollinator interactions: a threatened mutualism with implications for the ecology and management of rare plants*. Natural Areas Journal 21:78–88, 2001.

SPELLERBERG I., *Ecological effects of roads and traffic: a literature review*. Global Ecology and Biogeography Letters 7, 317-333, 1998.

STAUFFER, D., *Introduction to Percolation Theory*. Taylor and Francis, London, England, 180 pp, 1985.

YOUNG, A.; BOYLE, T.; BROWN, T. *The population genetic consequences of habitat fragmentation for plants*. Trends in Ecology and Evolution 11:413–418, 1996

VERBOOM, J., ALKEMADE, R., KIJN, J., METZGER, M.J., REIJNEN, R. Combining biodiversity modeling with political and economic development scenarios for 25 EU countries. Ecological Economic 20, 1–10, 2006.

VOS, C. C.; VERBOOM, J; OPDAM, P. F. M. & TER BRAAK, C. J. F. Toward ecologically scaled landscape indices. *The American Naturalist* 157: 24 – 41, 2001.

<b>AEMA</b>	Agência Europeia de Meio Ambiente
<b>CAPEX</b>	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
<b>CONAMA</b>	Conselho Nacional do Meio Ambiente
<b>DPSIR</b>	Do inglês, Driving Forces, Pressure, State, Impact, Reponse/ Forças motoras/dirigentes, Pressões, Estados, Impactos e Respostas
<b>FUNAI</b>	Fundação Nacional do Índio
<b>ha</b>	hectare
<b>IMESC</b>	Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos LABGEO – Laboratório de Geoprocessamento
<b>OECD</b>	Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico
<b>PER</b>	Pressão-Estado-Resposta
<b>OECD</b>	Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico
<b>SEMA</b>	Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Naturais do Maranhão
<b>SEMATUR</b>	Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Turismo
<b>T.I.</b>	Terra Indígena Araribóia
<b>UA</b>	Unidades de Análise



## CAPÍTULO 2

# APOIO AO PLANEJAMENTO AMBIENTAL DA SUB-BACIA ZUTIUA, PINDARÉ, REGIÃO PRÉ-AMAZÔNICA, MARANHÃO

Ricardo Madeira Tannús; Larissa Barreto; Milton Cezar Ribeiro;  
Naíla Arraes de Araujo; Denilson da Silva Bezerra.

## INTRODUÇÃO

A porção sul e leste do estado do Maranhão passou por um processo de transformação devido a implantação de vários projetos de silvicultura (eucalipto) e de produção de grãos, especialmente soja. A presença do porto favorece a instalação de outras grandes empresas exploradoras de recursos ambientais e potencialmente poluidoras. A instalação da Estrada de Ferro Carajás contribuiu para a modificação da paisagem na porção oeste do estado, atravessando a Amazônia Maranhense e toda a Bacia do Pindaré (MOURA, op. cit.).

Neste território florestal, pouco conhecido pela ciência, encontramos várias práticas insustentáveis que pouco a pouco vão comprometendo a qualidade ambiental. A mais exemplar são as madeiras que esgotam uma região e depois migram para outra onde permanecerão até esgotá-la também. A repetição desse processo de derrubada, esgotamento e migração deixou somente 25% da Amazônia maranhense em pé e aos pedaços (ARAÚJO *et al.*, 2011; BRITO, 2011), como ilhas de vegetação, ou fragmentos florestais.

A bacia hidrográfica do Pindaré, com 4.040.000 hectares, tem no rio de mesmo nome o seu principal corpo hídrico. Sua extensão chega a 720 km, das nascentes da serra do Gurupi ao estuário da baía de São Marcos (IBAMA; SEMATUR, 1991). Neste percurso o rio é cortado por dezenas de estradas (rodovias e vicinais), Estrada de Ferro Carajás, margem terra indígena, unidade de conservação, áreas de pecuárias, plantações, desmatamentos e cidades. Suas águas são utilizadas como hidrovia, abastecimento urbano, irrigação e dessedentação de animais. Devido a toda essa dinâmica, é um rio importante para as centenas de milhares de pessoas que vivem na Bacia Hidrográfica do Pindaré.

A sub-bacia do rio Zutiua, com um pouco mais de 1.000.000 de hectares, segue por 270 km das nascentes na TI Araribóia até o ponto de confluência com o rio Pindaré. Zutiua é o seu principal afluente. Devido a sua localização e tamanho, passa pelas mesmas pressões que o Pindaré.

O surgimento das preocupações conservacionistas e de sustentabilidade provocou o questionamento das atividades de desenvolvimento adotadas ao longo de décadas no estado. É perceptível que o desenvolvimento anunciado naqueles anos não contribuiu para a melhoria de vida das pessoas, pois o estado detém péssimos indicadores de pobreza, saneamento básico, mortalidade infantil e materna (CELENTANO; VERÍSSIMO, 2007). A divisão em compartimentos pequenos tende a facilitar a tomada de decisões e contribui para que as ações sejam mais direcionadas para a realidade local (RIBEIRO *et al.*, 2009).

Um esforço conjunto para a compreensão da dinâmica sócio-econômica-ambiental oferecerá aos gestores públicos uma ótima ferramenta para o melhor gerenciamento das ações em busca de um novo equilíbrio e a manutenção do ambiente para todos.

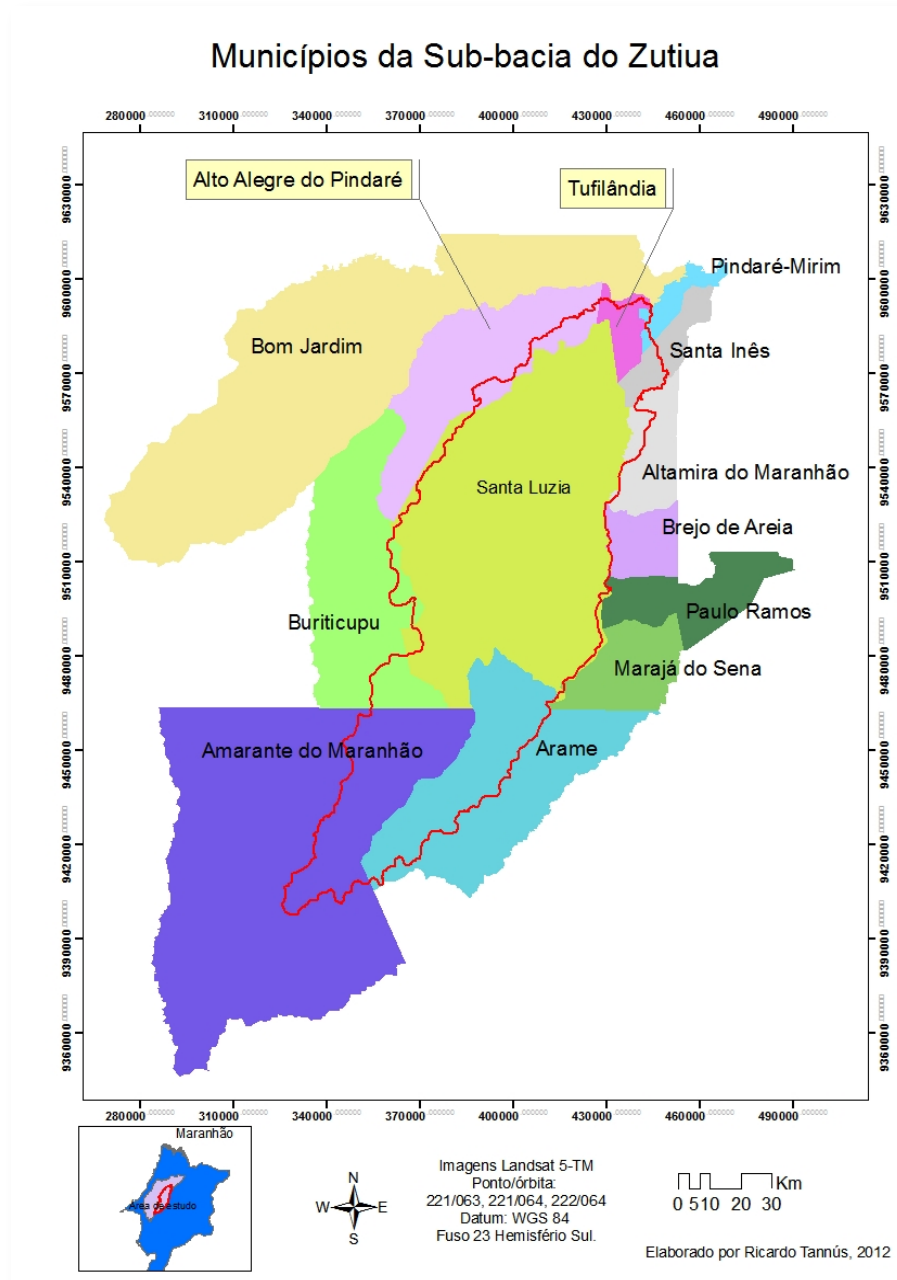
## METODOLOGIA

### Área de Estudo

A bacia hidrográfica do rio Zutuia, também conhecido como rio Gentil, está localizado na porção noroeste do estado, na região mediana da bacia do rio Pindaré. Ocupa aproximadamente 1.012.867 hectares, 271km de extensão e abrange 13 municípios em diferentes proporções (Figura 1), sendo os municípios de Santa Luzia, Amarante do Maranhão e Arame os principais. A agricultura está presente em todos os municípios como atividade econômica, sendo variável os tipos e as quantidades produzidas (IBGE, 2010b). Porém, a pecuária é a atividade de grande impacto na economia. Ocorre de forma extensiva em grande parte em área com babaçu, mas também em áreas sob a Floresta Ombrófila. Também possível encontrar pastagem nas encostas dos morros e em relevo ondulado, o que pode facilitar o processo erosivo por falta de vegetação e pisoteio. O plantio de eucalipto é outra atividade com impacto na economia que está se expandindo no sul da sub-bacia do Zutuia (IBAMA; SEMATUR, 1991; IMESC, 2010).

A região possui cerca de 20% dos empreendimentos industriais do Estado, é cortada transversalmente na porção norte pela Estrada de Ferro Carajás e também é atravessada pela rodovia federal BR-222 e por rodovias estaduais, além das inúmeras estradas vicinais.

Figura 1 – Limite da sub-bacia do Rio Zutiua e os municípios de contato.



Fonte: Ricardo Tannús, 2012.

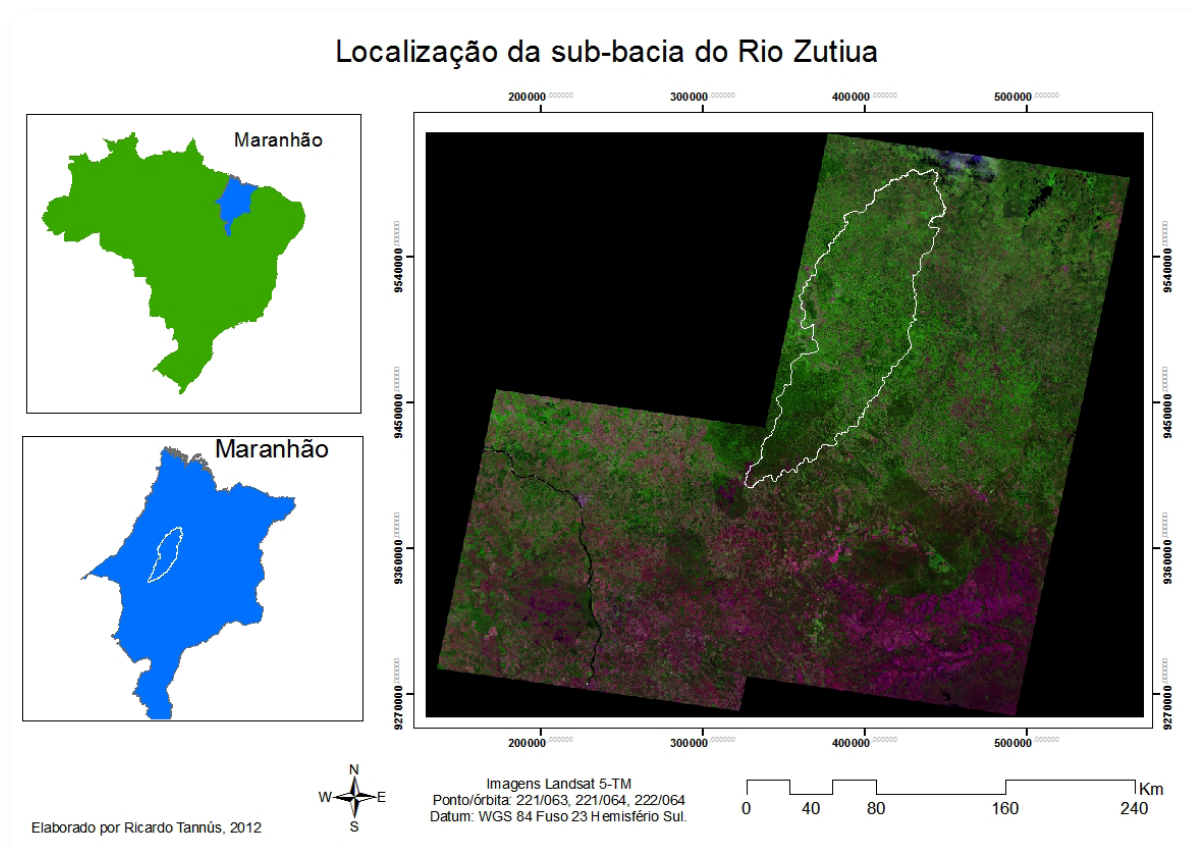
## Método

### *Classificação da imagem Landsat.*

A construção do mapeamento começou com a escolha das imagens do Landsat 5 TM devido a grande disponibilidade de imagens no banco de dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE. Sua resolução espacial de 30 metros é considerada como de média resolução. Foram escolhidas as imagens com ausência de nuvens e do ano de 2010, das órbita/ponto 222-63, 222-64 e 221-64. (Figura 2).

Em seguida foi realizado o processamento digital da imagem. O primeiro passo foi a composição colorida em RGB 543, com o intuito de manter uma equivalência visual com a imagem de referência que seria utilizada para a correção geométrica. Esse processo foi realizado através da técnica imagem x imagem *Geocover* da *National Aeronautics and Space Administration* – NASA. O sistema de projeção e o sistema de coordenadas da imagem de origem foram mantidos, Datum WGS84 e Universal Transverse Mercator – UTM.

Figura 2 – Localização da sub-bacia do Rio Zutuia, cenas do Landsat 5 TM, composição colorida 543 RGB e mosaico.



Fonte: Ricardo Tannús, 2012.

Neste trabalho foi utilizada a correção atmosférica *Dark Object Subtraction* - DOS, também conhecida como método de Chávez.

Os dados foram importados para o ambiente Spring 5.1.7 e seguiu-se com o processo de segmentação. Foram utilizados os valores de 25 para similaridade e de 70 (pixels) para a área. Esses valores foram determinados após a realização de diversos testes com diferentes valores de similaridade e área (OLIVEIRA; SILVA, 2005).

Devido ao tamanho da área estudada e o volume de dados analisado pelo algoritmo no momento da segmentação foi necessário subdividir a área em 6 blocos. Todo o processo metodológico foi aplicado em cada um deles, inclusive os testes para similaridade e área, que na porção norte foram estabelecidos como 25 e 80 respectivamente.

A última etapa do processo de mapeamento do uso e cobertura da sub-bacia do Zutuia, realizado com o ArcMap 9.3, foi o ajuste do arquivo vetorial (polígonos) tendo como base o mosaico Landsat 543RGB como fundo. A visualização foi realizada numa escala de 1:50.000 e se



houvesse dúvida quanto aos limites da borda um zoom era utilizado. Áreas abaixo de 0.5 hectare foram incorporadas a região vizinha, cuja resposta espectral fosse mais semelhante ou foram incorporados na matriz circundante.

### **Classificação do mapa**

Após o processo de segmentação foi realizado o procedimento de classificação da imagem. Foram adotadas as seguintes categorias: i) Floresta: se refere a floresta ombrófila densa; vegetação de grande e médio porte, com presença de lianas lenhosas e muitas epífitas; ii) vegetação secundária: foi considerada como aquela que sofreu algum tipo de perturbação, ou seja, não apresenta característica espectral semelhante a floresta; iii) vegetação herbácea/pasto: foi utilizada para indicar a localização de uma vegetação de pequeno porte ou uma plantação de capim para a pastagem do gado; iv) cerrado: áreas que apresentam porte arbóreo, apresentando também um componente de solo na resposta espectral na imagem do satélite; vegetação xeromorfa podendo ocorrer em clima ombrófilo e reveste solos lixiviados aluminizados; v) solo: é o solo exposto propriamente dito ou com uma camada de vegetação muito fraca; vi) floresta com babaçu: vegetação de médio porte com presença marcante de babaçu; vii) Rede de drenagem: é o contorno do percurso desenhado pelo rio principal e seus tributários, incluindo parte das margens. viii) água: são os corpos hídricos, indicados principalmente nos lagos e leitos mais largos dos rios. Para a representação da hidrografia utilizamos um arquivo *shapefile* de linhas disponibilizado pelo site do IBAMA.

### **Método para conectividade funcional**

Foi realizado com a criação de um arquivo onde somente foram selecionadas as classes de floresta e de floresta de babaçu por considerarmos que essas duas fisionomias vegetais poderiam suportar uma maior diversidade biológica em processo de deslocamento. Inicialmente foi utilizado o arquivo de florestas no software ArcMap 9.3 para o cálculo de *shape index* e cálculo da área núcleo (*core area*) através da extensão V-Late. No cálculo da área núcleo foi utilizada a marca de 100 metros como efeito de borda, conforme indicado por Laurence *et al.*, (1998). Polígonos de área núcleo com menos de 0.5 hectare foram removidos da análise por serem demasiadamente pequenos para a escala do estudo. Posteriormente foram calculados os dados de análise de proximidade a partir do arquivo florestas em formato raster e utilizado o software Grass-gis 6.0. Para entender a conectividade entre os fragmentos foi realizado estudo em multi-escala ecológica, considerando diferentes percepções da estrutura da paisagem pela fauna local (Urban, 2005).

Como a proposta não foi avaliar a conectividade funcional para uma determinada espécie, realizou-se a análise em várias escalas, considerando que diferentes organismos têm diferentes capacidades de deslocamento, segundo sua fisiologia, tamanho, comportamento e sensibilidade. Portanto conduziu-se o estudo da conectividade funcional para organismos que: i) não exploram borda de habitat, ou seja, ficam restritos a área nuclear; ii) não apresentam sensibilidade a borda, porém não se expõe a matriz; iii) deslocam até 60 metros na matriz. iv) deslocam 240 metros em uma matriz; e v) o último grupo desloca até 480 metros na matriz. O passo seguinte foi visualizar os fragmentos que estariam disponíveis para organismos que conseguem se expor a uma matriz

### **Divisão da sub-bacia em regiões como proposta de implantação de Comitês de Bacias Hidrográficas.**

A divisão da sub-bacia em porções menores foi desenvolvida para se propor uma melhor gestão dos recursos naturais. A implantação de Comitê de Bacia Hidrográfica, segundo os moldes da ANA, é uma proposta do governo para ordenar o uso da água através da participação de todos aqueles que se interessam pela questão hídrica, quer seja para a irrigação de um grande plantio, quer seja para a captura do peixe para alimentar a família. Para tanto foi realizada a classificação da rede de drenagem pelo método de Strahler e as bacias de 5ª. ordem foram separadas. A porção norte da bacia ficou isolada, como uma bacia de 6ª. ordem devido a junção dos rios de 5ª. ordem da porção oeste e centro e foi analisado pelos mesmos critérios. A rede hidrográfica foi cedida pelo IBAMA e classificada manualmente.

Cada região foi analisada segundo seu uso e cobertura e cobertura florestal, sendo considerada cobertura florestal a Floresta Ombrófila e a Floresta com babaçu. A união foi realizada por Floresta com babaçu representar um pequeno percentual da área de estudo e por a considerarmos como capaz de manter uma biodiversidade mais alta, se comparado com a matriz. A cobertura florestal foi analisada segundo seu tamanho (área), índice de forma (*shape index*) e área nuclear (*core area*). As classes de tamanho foram definidas segundo Ribeiro *et al.* (2009) e foi considerado que áreas maiores são mais propícias à conservação e manutenção do ambiente; a área nuclear também foi classificada por tamanho, seguindo a mesma orientação de Ribeiro *et al.* (2009); e o índice de forma foi classificado segundo Barreto *et al.* (2010) sendo os valores menores indicativos de área circular ou compacta, que são melhores para a conservação e manutenção do ambiente.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **Mapeamento de uso e cobertura da sub-bacia do Zutuia**

A área da sub-bacia do rio Zutia foi calculada como 1.014.833 hectares e a classe mais presente foi floresta ombrófila, ocupando 287.402 hectares ou 28,3% da área. Em seguida a classe vegetação secundária com 22,1% e a terceira maior classe de cobertura foi a feição solo com 20,9% (Tabela 1).

Tabela 1 – Uso e cobertura de Zutuia

Uso e cobertura Zutuia			
Classe	Polígonos	Área (ha)	%
Água	1.878	10.288	1.01
Cerrado	43	7.686	0.76
Cidade	19	855	0.08
Eucalipto	19	35.209	3.47
Floresta com Babaçu	882	26.755	2.64
Floresta Ombrófila	4.163	287.402	28.32
Rede hidrográfica	103	16.359	1.61
Solo	5.263	212.281	20.92

Veg. herbácea / pasto	4.208	193.963	19.11
Veg. Secundária	4.099	224.034	22.07
Total	20.677	1.014.833	100.00

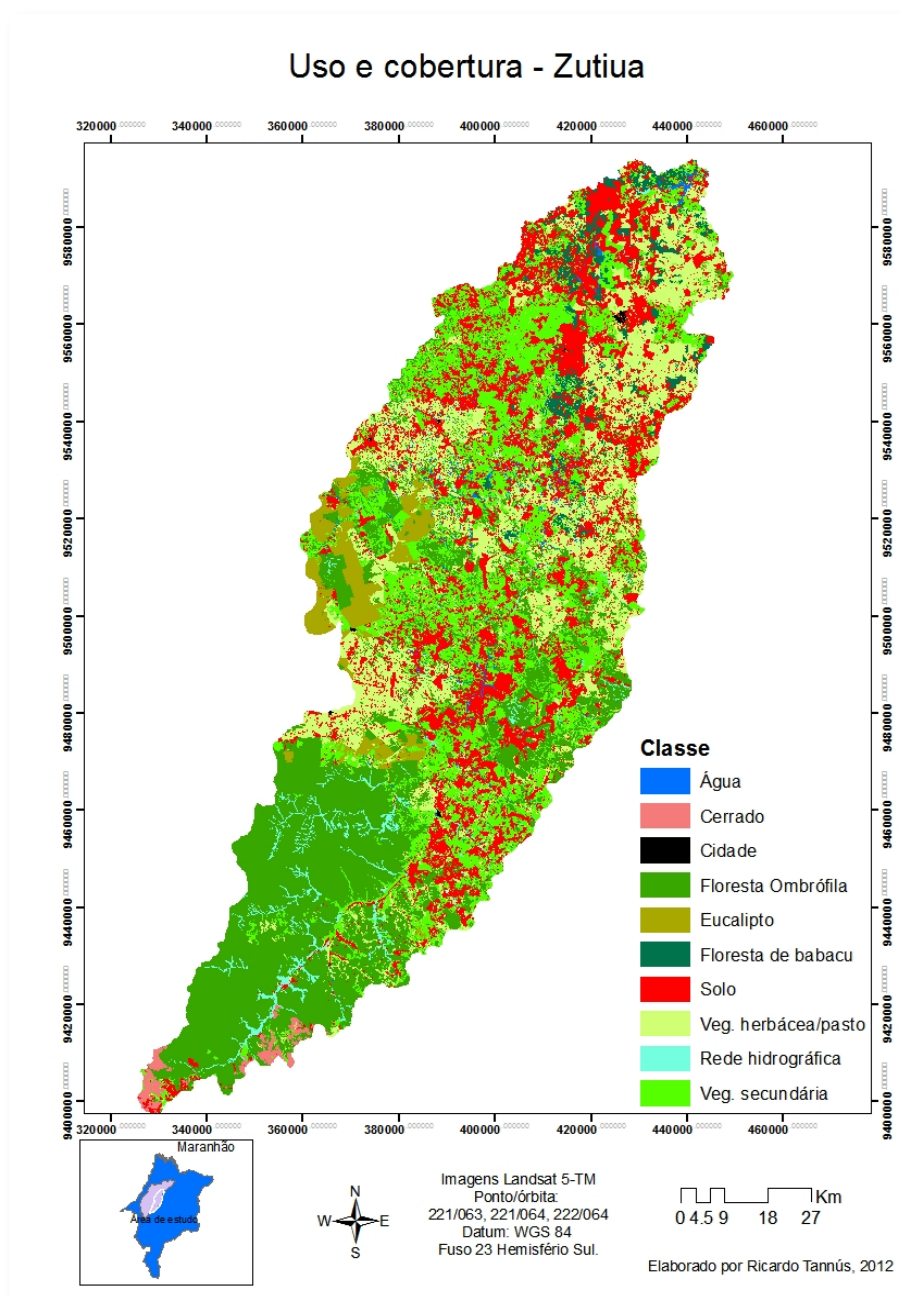
Fonte: Ricardo Tannús, 2012.

É válido reportar que a imagem utilizada para a classificação do uso e cobertura do solo é referente ao período de estiagem, portanto a representação do componente água está subestimada pela diminuição da vazão e encolhimento do rio. Em diversas áreas, bancos de areia começam a aparecer e a presença de pouca vegetação nas margens modifica a resposta espectral, sendo então uma mistura de solo encharcado, vegetação e água. Outra limitação foi o mapeamento da vegetação de babaçu quando dispersa em vegetação secundária, pois há uma mistura da resposta espectral e a técnica utilizada não conseguiu isolar as palmeiras de babaçu. Também é importante destacar a presença da terra indígena Araribóia localizada ao sul da área de estudo, nas nascentes do rio Zutiua. Essa área dentro da sub-bacia possui mais de 170.000 hectares e contribui de forma indiscutível para os valores de florestas serem tão relevantes nesta bacia. Simulando a perda da área indígena, o valor percentual de floresta decairia para algo em torno de 11%, agravando a situação da conservação da bacia. Vendo de outra forma podemos constatar que de toda a floresta existente na sub-bacia, aproximadamente 60% está concentrada na TI Araribóia. Ou seja, a distribuição da floresta está concentrada em um único ponto e o restante da sub-bacia ( $\pm$  997.000 hectares) compartilha os outros 40% em fragmentos dos mais variados tamanhos.

A fisionomia floresta está espalhada por 4.162 polígonos, com tamanho variando de 0.5 a 170.000 hectares. Valores menores que meio hectare foram delimitados durante o processamento automático, mas durante a fase classificação e ajuste foram incorporados nas classes vizinhas ou matriz circundante.

A fisionomia cerrado está presente somente no sul da sub-bacia, onde podemos encontrar uma faixa de transição para a floresta ombrófila. Já a vegetação herbácea/pasto é identificada no nordeste e parte do centro, normalmente rodeado por vegetação secundária. O plantio de eucalipto está concentrado no meio da sub-bacia, voltado para o oeste. Proporcionalmente não é uma área grande, mas chega a somar mais de 35.000 hectares. A classe solo é bem representativa, estando distribuída por toda a sub-bacia, com uma concentração maior ao norte. A figura 3 apresenta o mapa de uso e cobertura para a região do Zutiua.

Figura 3 – Mapa temático de uso e cobertura da sub-bacia do Zutiua



Fonte: Ricardo Tannús, 2012.

### Estrutura da paisagem da sub-bacia do Zutiua

Considerando a cobertura florestal, aqui representada pela floresta ombrófila e pela floresta com babaçu, fizemos as análises de área, área núcleo e de índice de forma. Em relação a área percebemos que a sub-bacia possui mais de 4.700 fragmentos com tamanho reduzido (< 50ha), mas que representam somente 11% da extensão territorial. No outro extremo temos onze polígonos com uma área individual maior que 2.500 hectares e estes somados cobrem uma área que corresponde a 66% de toda a floresta existente (Tabela 2). As outras classes de tamanho apresentam valores de cobertura similares. Ribeiro *et al.* (2009) encontra um perfil diferente para a Mata Atlântica, onde os fragmentos menores de 50 hectares são a maioria numérica e, cumulativamente, ocupam a maior área territorial.

Tabela 2 – Cobertura florestal para a sub-bacia do Zutuia.

Cobertura Florestal – Zutuia			
Classe	Polígonos	Área (ha)	%
0.5 – 50	4.707	36.474	11.61
50 – 100	157	10.862	3.46
100 – 250	100	15.806	5.03
250 – 500	40	13.584	4.32
500 – 1000	20	12.958	4.12
1000 – 2500	10	15.397	4.90
2500 –	11	209.076	66.55
Total	5.045	314.157	100

Fonte: Ricardo Tannús, 2012.

Excluindo a área de borda temos uma severa diminuição da quantidade de fragmentos florestais e de área disponível, ampliando a diferença na concentração de áreas de floresta da TI em relação a sub-bacia (Tabela 3). A tabela mostra que as poucas áreas acima de 2.500 hectares representam quase 80% de toda a área núcleo. Foram perdidos 4.156 fragmentos para o efeito de borda e uma área de 114.850 hectares se tornou inapropriada para organismos sensíveis aos efeitos de borda. Como consequência é esperado um aumento da densidade demográfica, seguido por uma redução da população e um novo patamar de equilíbrio entre população e área disponível.

Tabela 3 – Área núcleo para a sub-bacia do Zutuia

Área núcleo – Zutuia			
Classe	Polígonos	Área (ha)	%
0.5 – 50	763	5.896	2.96
50 – 100	45	3.063	1.54
100 – 250	44	6.962	3.49
250 – 500	15	5.499	2.76
500 – 1000	9	6.376	3.20
1000 – 2500	8	13.588	6.82
2500 –	5	157.923	79.24
Total	889	199.307	100.00

Fonte: Ricardo Tannús, 2012.

Na tabela a seguir (Tabela 4) verificamos que a forma dos fragmentos está concentrada nos formatos moderadamente circular a circular. Em contrapartida os fragmentos com as melhores formas também são os que possuem o menor tamanho. A situação mais crítica está nos fragmentos com muita quantidade de borda e com pouca área núcleo. Esses fragmentos estão localizados na tarja vermelha da tabela. Os melhores fragmentos seriam os que possuem pouca borda em relação a área núcleo e este possui uma grande área. Fragmentos com essas características estão

na tarja verde. A situação intermediária fica na tarja amarela, com tamanhos medianos e índice de forma entre moderadamente circular e irregular.

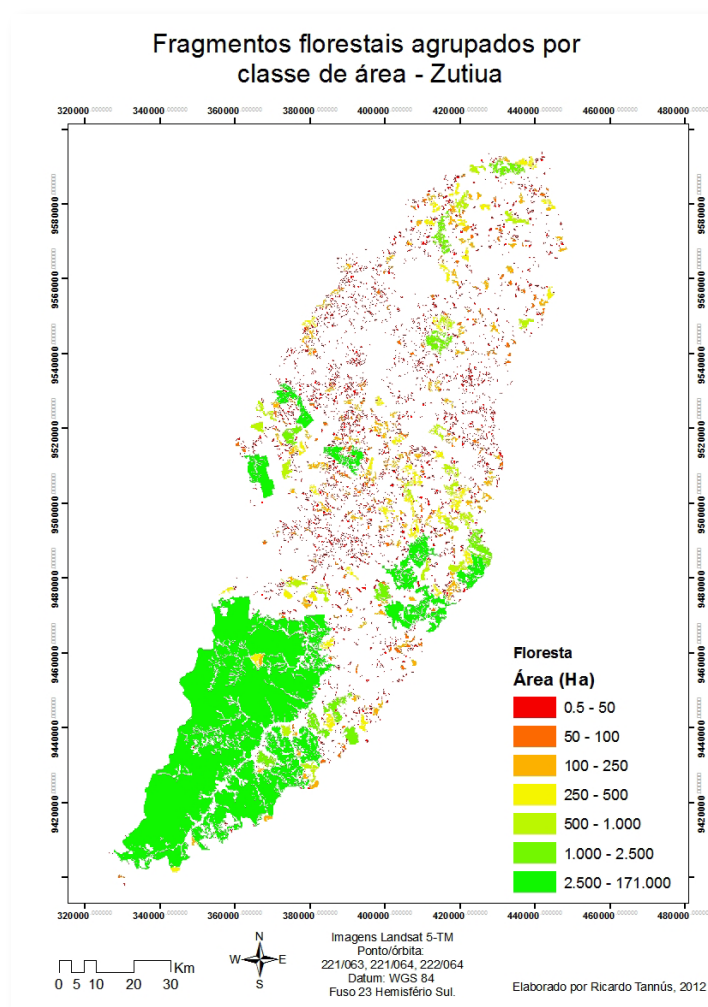
Tabela 4 – Agrupamento por classe do *shape index* e a distribuição dos polígonos associados, sub-bacia do Zutiua.

Índice de forma – Zutiua			Distribuição dos polígonos por classes de forma e área						
Classe	Polígono	%	< 50	50 - 100	100 - 250	250 - 500	500 – 1.000	1.000- 2.500	> 2.500
1.0 - 1.5	1.695	28.6	1.679	12	2	2	0	0	0
1.6 - 2.5	2.777	59.2	2.700	50	20	6	1	0	0
2.6 - 4.0	465	10	333	78	37	8	8	0	1
> 4.0	108	2.2	0	16	40	22	12	9	9

Fonte: Ricardo Tannús, 2012.

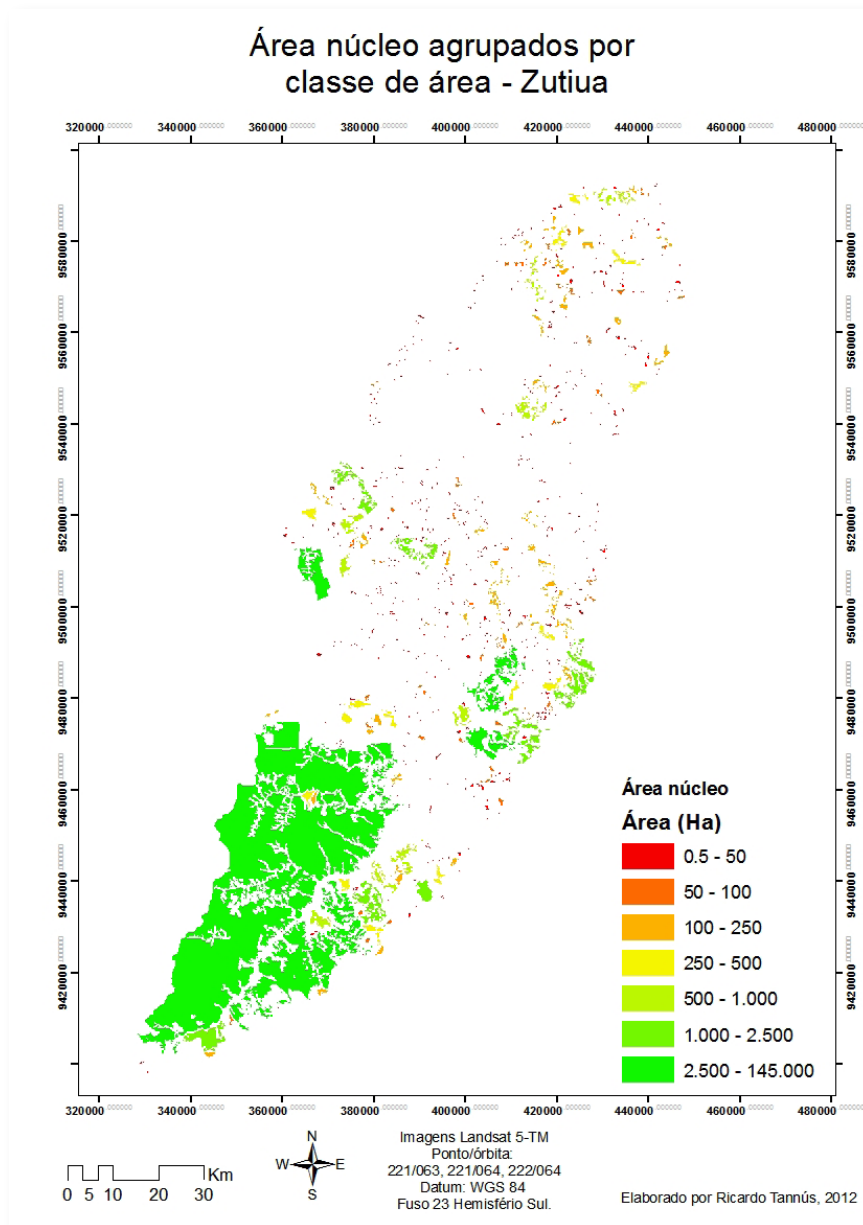
Na seqüência apresentamos os mapas de cobertura florestal (Figura 4), área núcleo (Figura 5) e índice de forma (Figura 6) para a sub-bacia do Zutiua, Pindaré, MA.

Figura 4 – Fragmentos Florestais agrupados por classe de área, sub-bacia Zutiua.



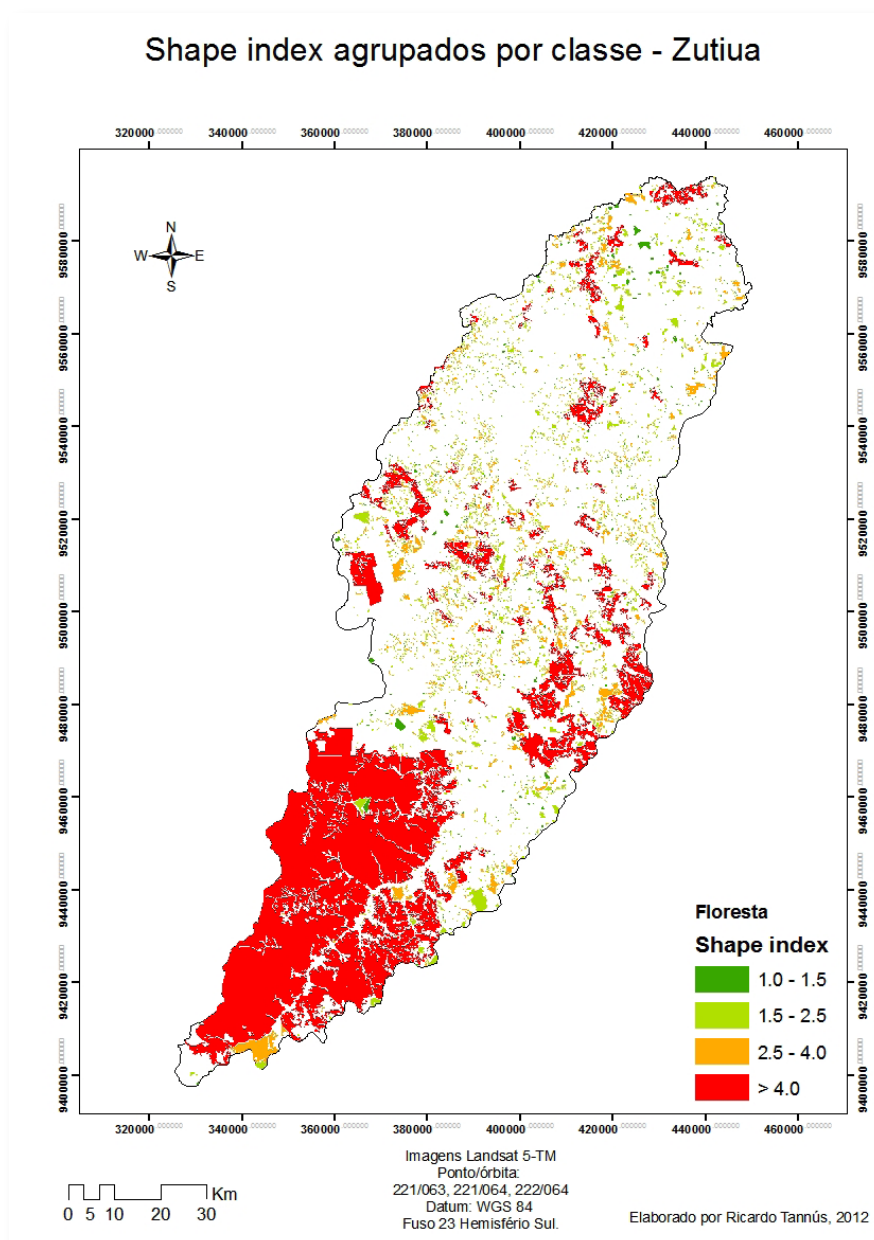
Fonte: Ricardo Tannús, 2012.

Figura 5 – Área núcleo agrupado por classe de área, sub-bacia do Zutuia



Fonte: Ricardo Tannús, 2012.

Figura 6 – Índice de forma por classe, sub-bacia do Zutuia.



Fonte: Ricardo Tannús, 2012.

### **Conectividade funcional da Sub-bacia do Rio Zutuia**

A amazônia maranhense é considerada pouco conhecida pela ciência (Barreto *et al.*, 2011; Araújo *et al.*, 2011) e possivelmente há uma diversidade de fauna que ainda não foi registrada na região. Acredita-se que a zona de transição Floresta/Cerrado possua espécies endêmicas. Considerando os diversos organismos já relatados decidimos fazer um estudo de conectividade em múltiplas escalas para que possamos entender a conectividade funcional para uma gama de animais.

O mapa de uso e cobertura desenvolvido no início desse trabalho apresentou 5045 fragmentos referentes à classe cobertura florestal. A menor área tem 0.5 hectare e o maior possui 170.269 hectares e pertence a TI Araribóia. A área total foi de 314.157 hectares, estando 66,5% concentrada em 11 fragmentos. Uma imensa quantidade de fragmentos florestais possui tama-

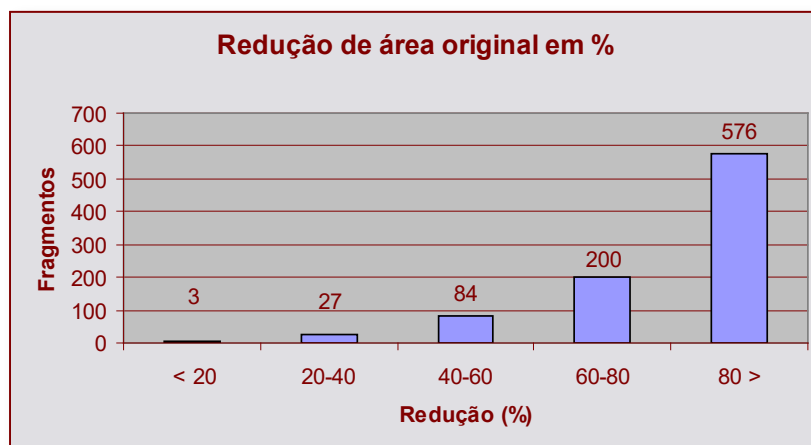


no reduzido (< 50 ha) e somados detêm 36.474 hectares (11,6%). Essa é a situação para aqueles organismos que toleram os efeitos ocorridos na borda, mas não atravessam a matriz do ambiente. Pires *et al.* (2002) e Lira *et al.* (2007) identificaram algumas espécies de pequenos mamíferos da Mata Atlântica que não adentram em uma matriz complexa (pasto com árvores).

A outra análise que realizamos foi de área núcleo. Aqui são considerados os organismos que não toleram os efeitos de borda e se refugiam no centro do fragmento em busca de melhores condições de vida. Consideramos que o efeito de borda em regiões de floresta é mais significativo nos primeiros 100 metros, segundo Laurence *et al.*, (1998). Dos 5045 polígonos restaram somente 889. Fragmentos pequenos ou com um formato mais alongado não permitem a existência de área núcleo e são bastante vulneráveis aos efeitos de borda. As áreas núcleo menores que 0.5 hectare foram descartadas devido a escala de construção do mapa. A área caiu de 316.849 para 199.307 hectares.

A maior área núcleo possui 144.684 hectares (TI Araribóia) e está localizada no extremo sul. As grandes áreas núcleo (> 2.500ha) não estão presentes na região norte, cuja maior área é um pouco maior que 700ha (perdeu 57% da área original). No gráfico 1 é apresentado a quantidade de fragmentos e o quanto de sua área, em porcentagem, foi perdida para o efeito de borda.

Gráfico 1 – Número de fragmentos e a faixa de redução em porcentagem sofrida.



Fonte: Ricardo Tannús, 2012.

O resultado é a visualização do mapa de cobertura florestal com grupos de fragmentos com a mesma cor. Entendemos que cada cor identifica a área de vida que está disponível para as espécies que se deslocam na matriz na distância estabelecida pela simulação. Ou seja, todos os fragmentos que o organismo poderá utilizar, considerando o seu potencial de deslocamento através da matriz da paisagem, possuem a mesma cor. A figura mostra como seria a situação da sub-bacia para aqueles que se deslocam 60m em uma matriz.

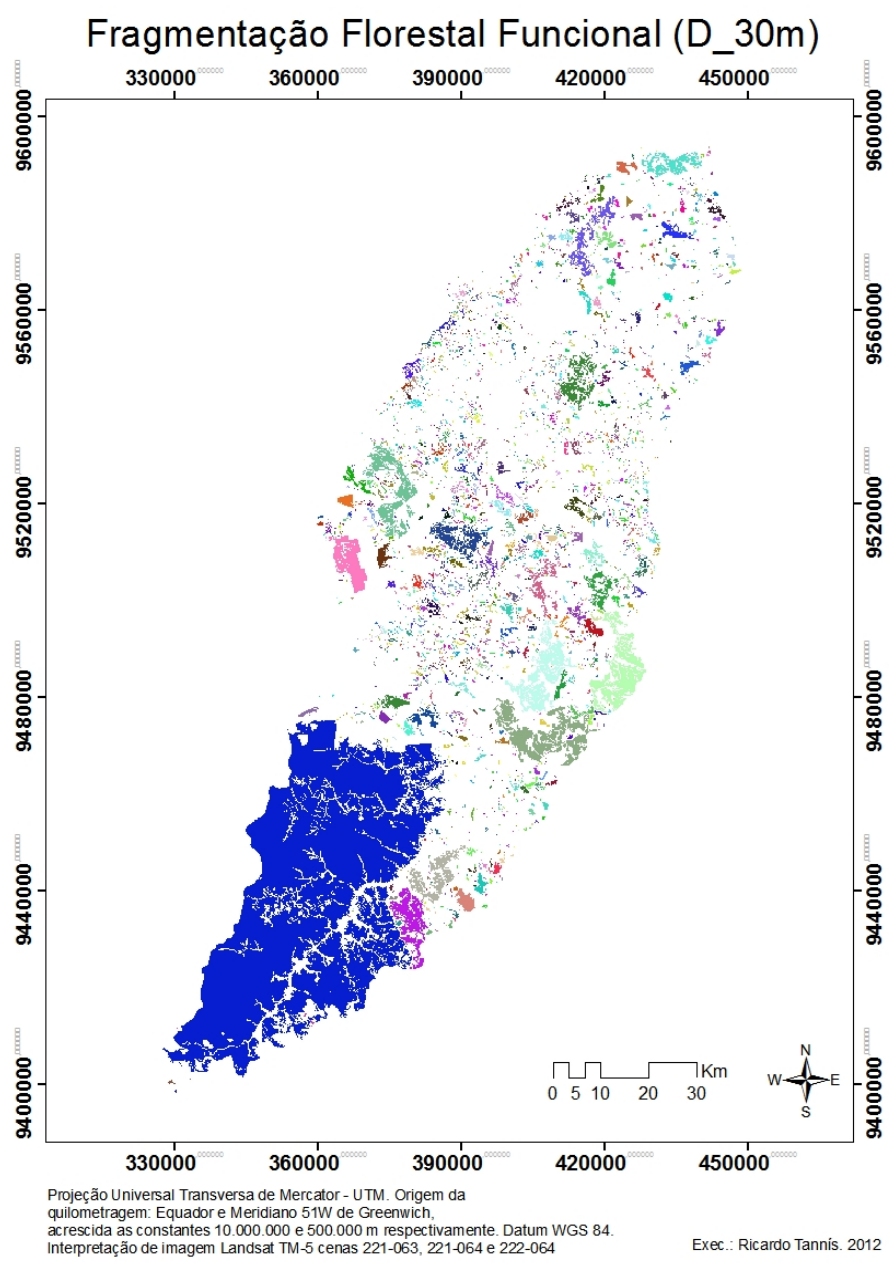
Neste contexto a sub-bacia apresenta 3.456 fragmentos funcionais, ou seja, fragmentos de floresta que estão desconectados fisicamente, mas que são utilizados pela fauna devido a sua capacidade de deslocamento. Uezu *et al.* (2005), Awade & Metzger (2008) e Hansbauer *et al.* (2008) identificaram que algumas aves (*Pyriglena leucoptera*\* e *Batara cinerea*; *Thamnophilus caerulescens*\*\*;*Chiroxiphia caudata*\*\*<sup>1</sup>) possuem essa capacidade de deslocamento.

<sup>1</sup>\* espécie encontrada na Amazônia Maranhense

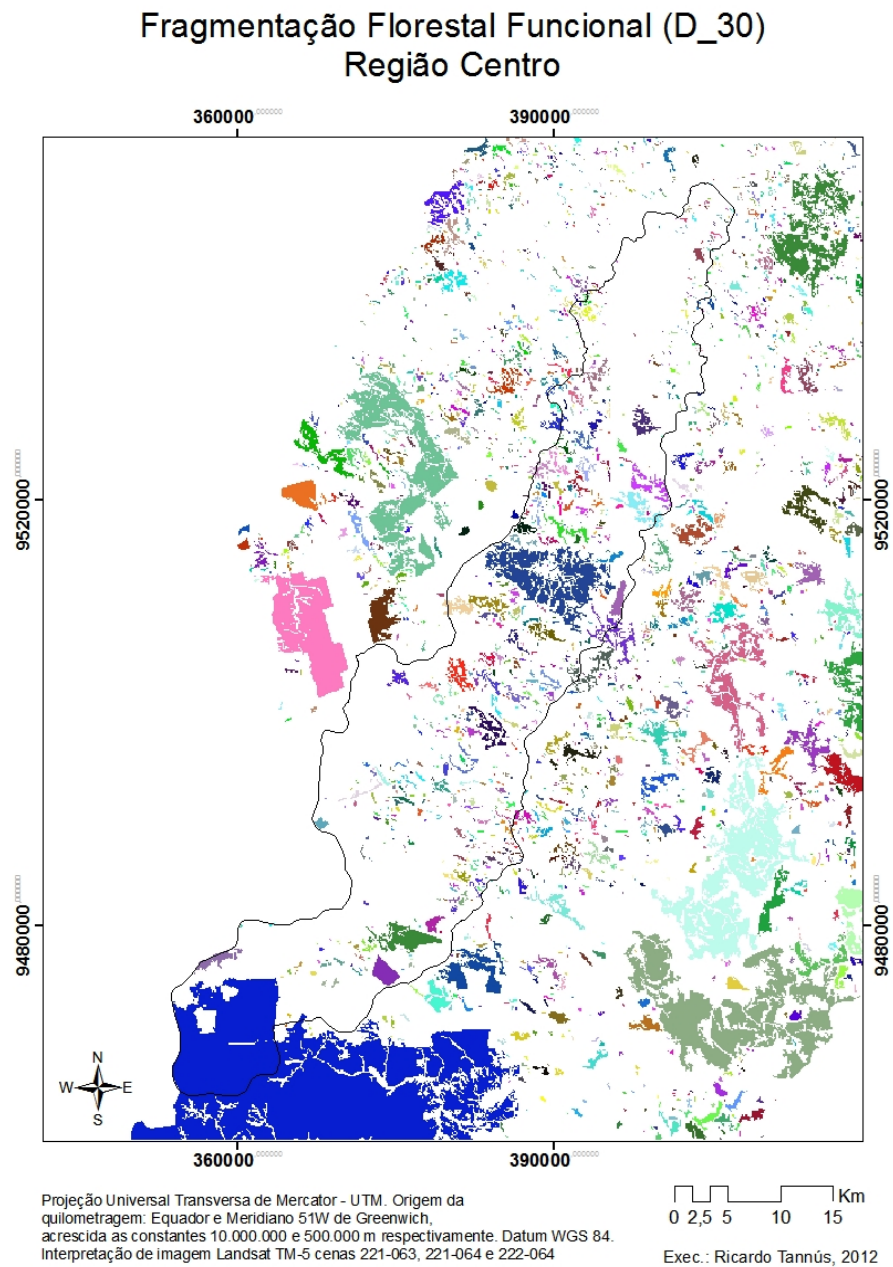
\*\* gênero encontrado na Amazônia Maranhense

A parte central do mapa, o fragmento em azul (círculo) possui quase 3.000 hectares, propício para o resguardo da fauna. Na parte alta há um vazio que compromete a conectividade com outros fragmentos. No leste a situação é diferente devido a grandes áreas e uma distribuição mais homogênea dos fragmentos, permitindo melhor conectividade. A parte mais alta de região norte contém o maior fragmento (elipse). Um pouco mais ao centro também há uma grande quantidade de áreas florestais, incluindo o segundo maior fragmento local. A parte baixa da região oeste é a que se encontra em boa condição devido a presença de grandes áreas (setas) (Figura 6 a 10).

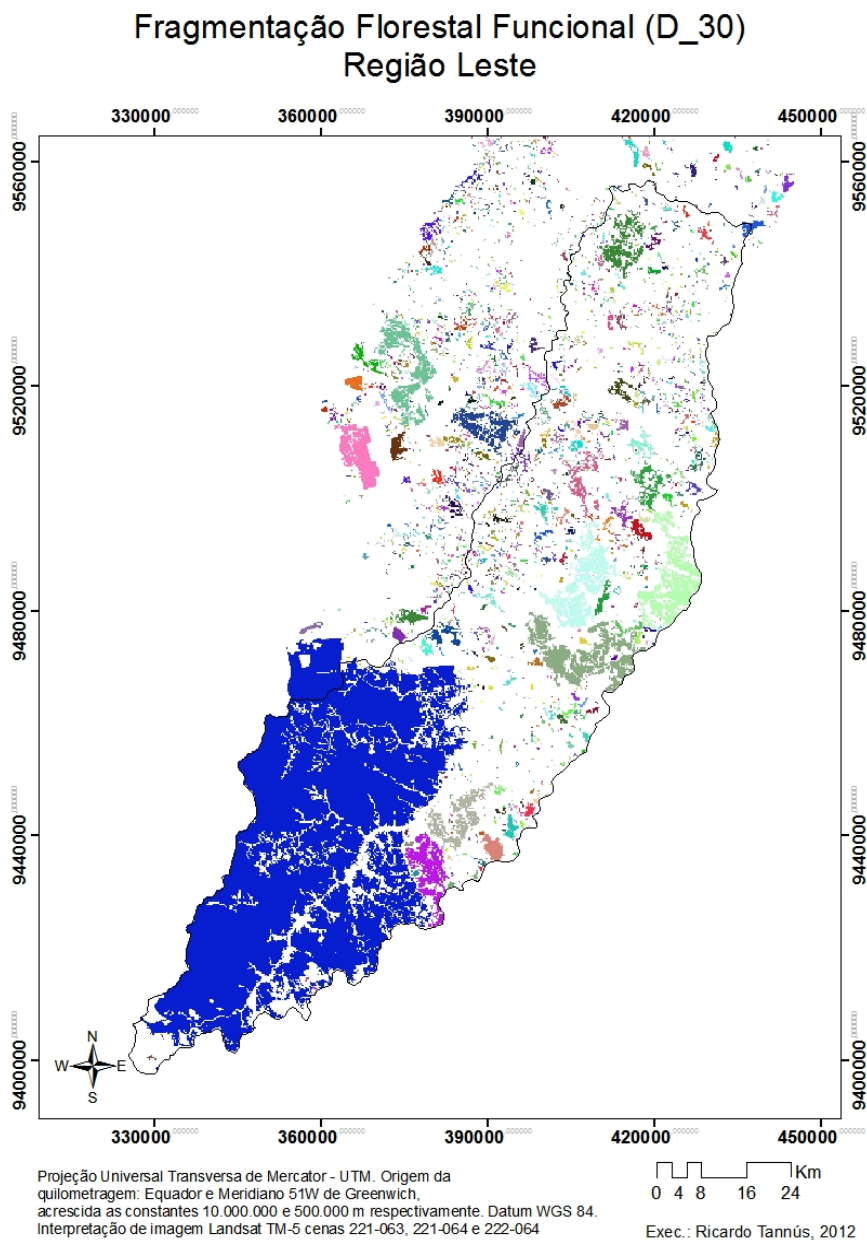
Figura 6 – Conectividade funcional para organismos que deslocam 60m na matriz, sub-bacia do Zutiua



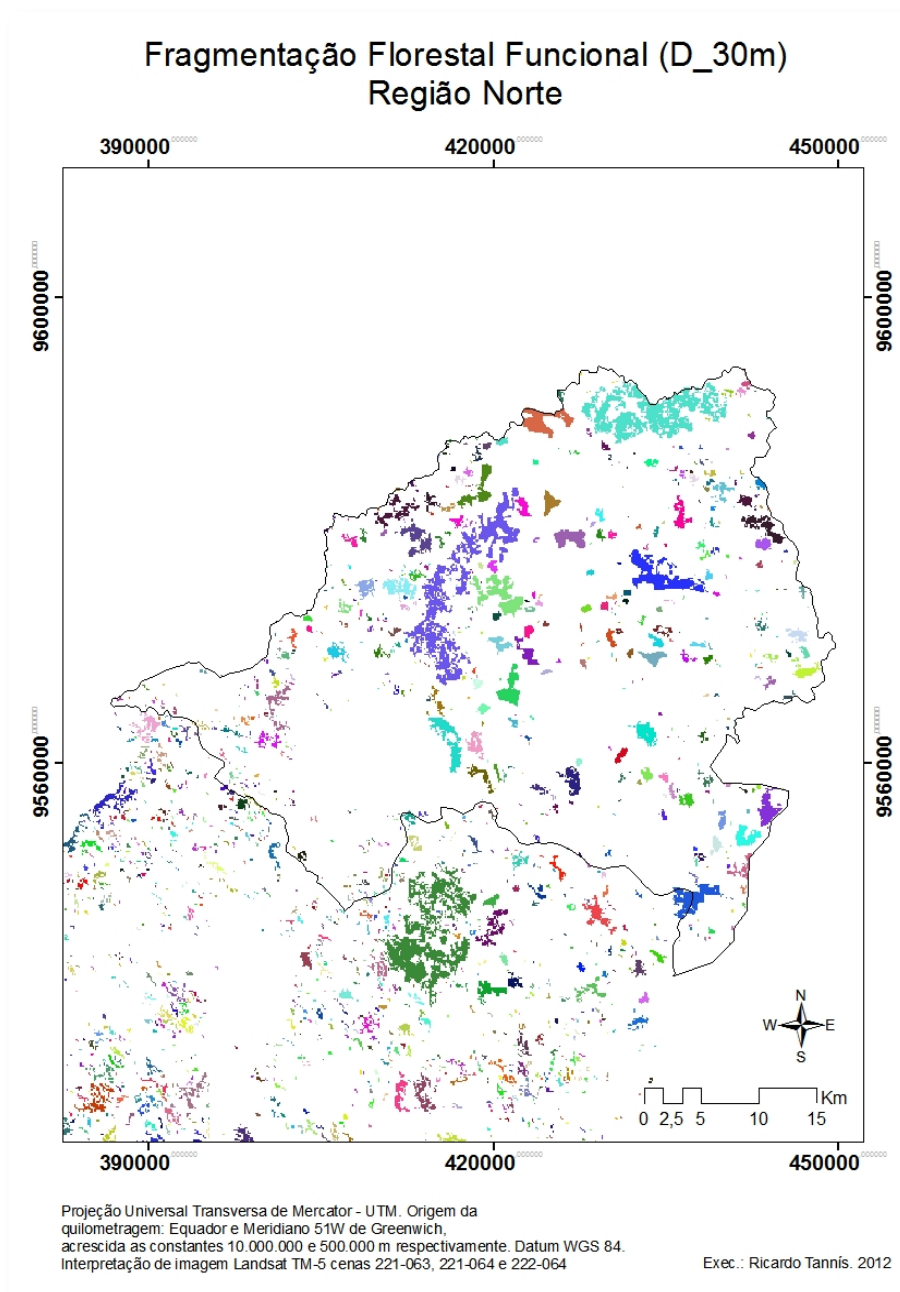
Fonte: Ricardo Tannús, 2012.

Figura 7 - Conectividade funcional para *gap crossing* de 60m – centro

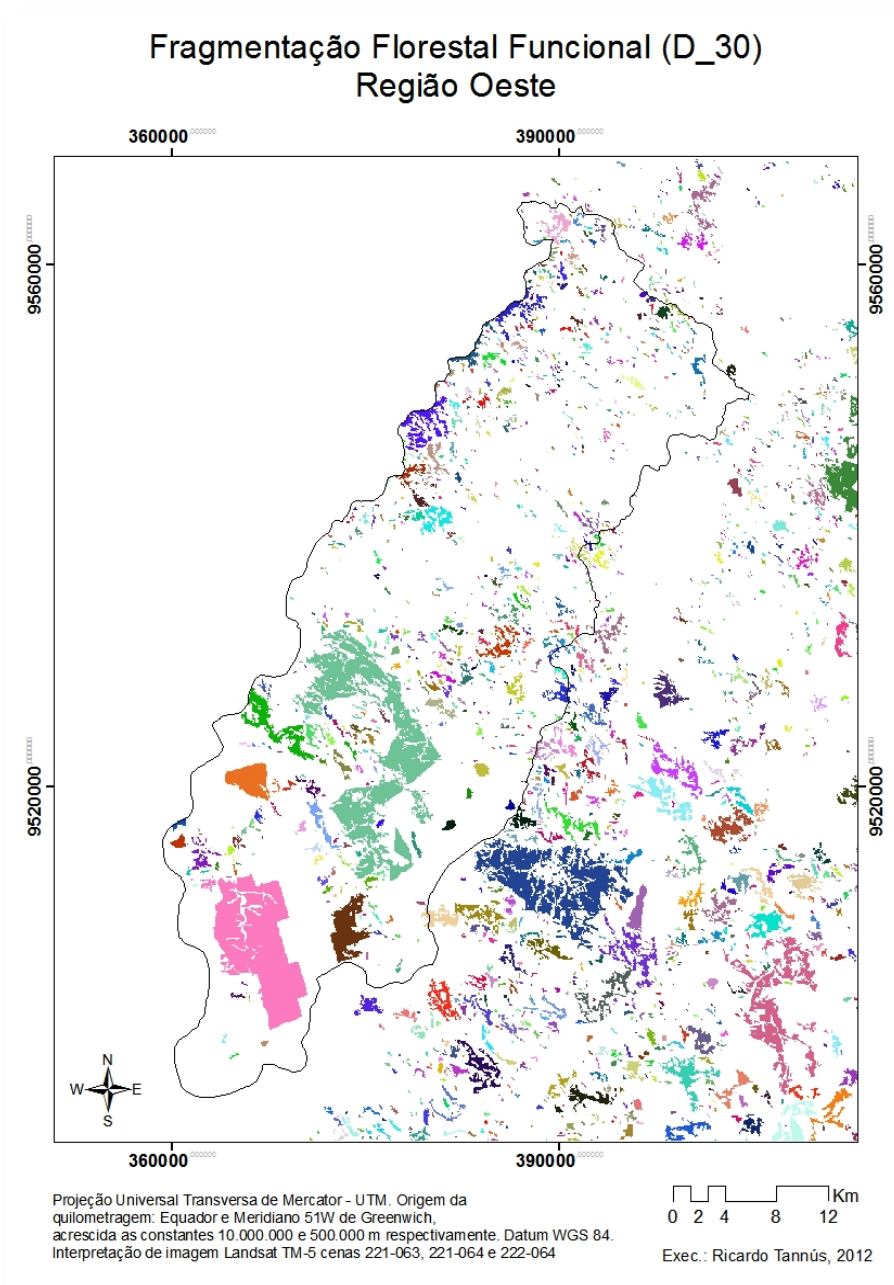
Fonte: Ricardo Tannús, 2012.

Figura 8 - Conectividade funcional para *gap crossing* de 60m - leste.

Fonte: Ricardo Tannús, 2012.

Figura 9 – Conectividade funcional para *gap crossing* 60 m – norte

Fonte: Ricardo Tannús, 2012.

Figura 10 – Conectividade funcional *gap crossing* de 60 m – oeste

Fonte: Ricardo Tannús, 2012.

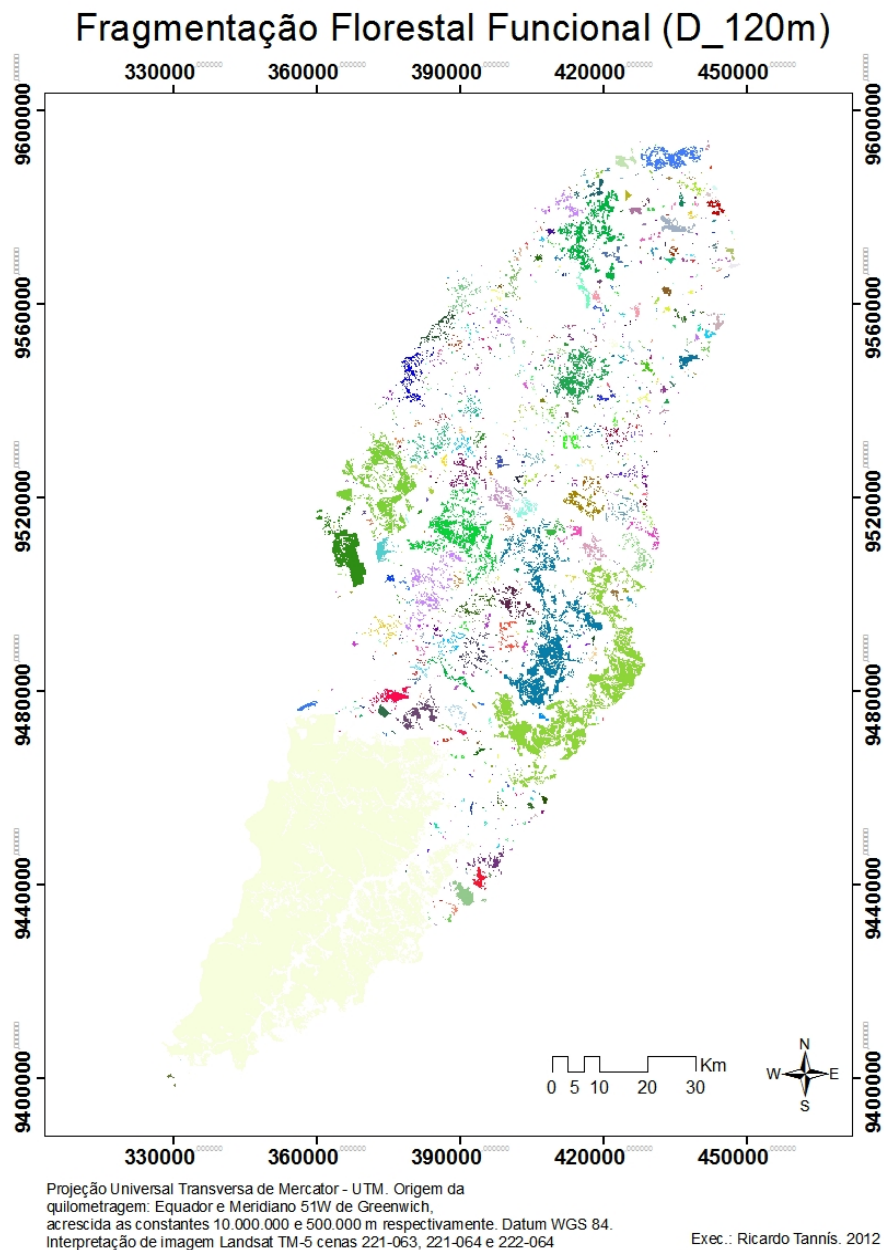
Considerando os organismos que tem maiores áreas de vida e com capacidade de deslocamentos na matriz de 240m, a sub-bacia apresenta-se como 1.291 fragmentos. A quantidade de fragmentos funcionais vai decaindo gradativamente a medida que a capacidade de deslocamentos da fauna aumenta. Na figura temos a representação dos fragmentos conectados funcionalmente para a sub-bacia do Zutiua como um todo. É possível visualizar algumas agregações de fragmentos sob a mesma cor em várias porções do mapa, principalmente na cor verde, na linha mediana transversal. Pires *et al.* (2002) indicam alguns *mamíferos* (*Didelphis aurita*\*\*<sup>2</sup>, *Micoureus demerarae*\* e *Akodon cursor*)<sup>2</sup> com capacidade de deslocamento em torno de 300 metros.

<sup>2</sup>\* espécie encontrada na Amazônia Maranhense

\*\* gênero encontrado na Amazônia Maranhense

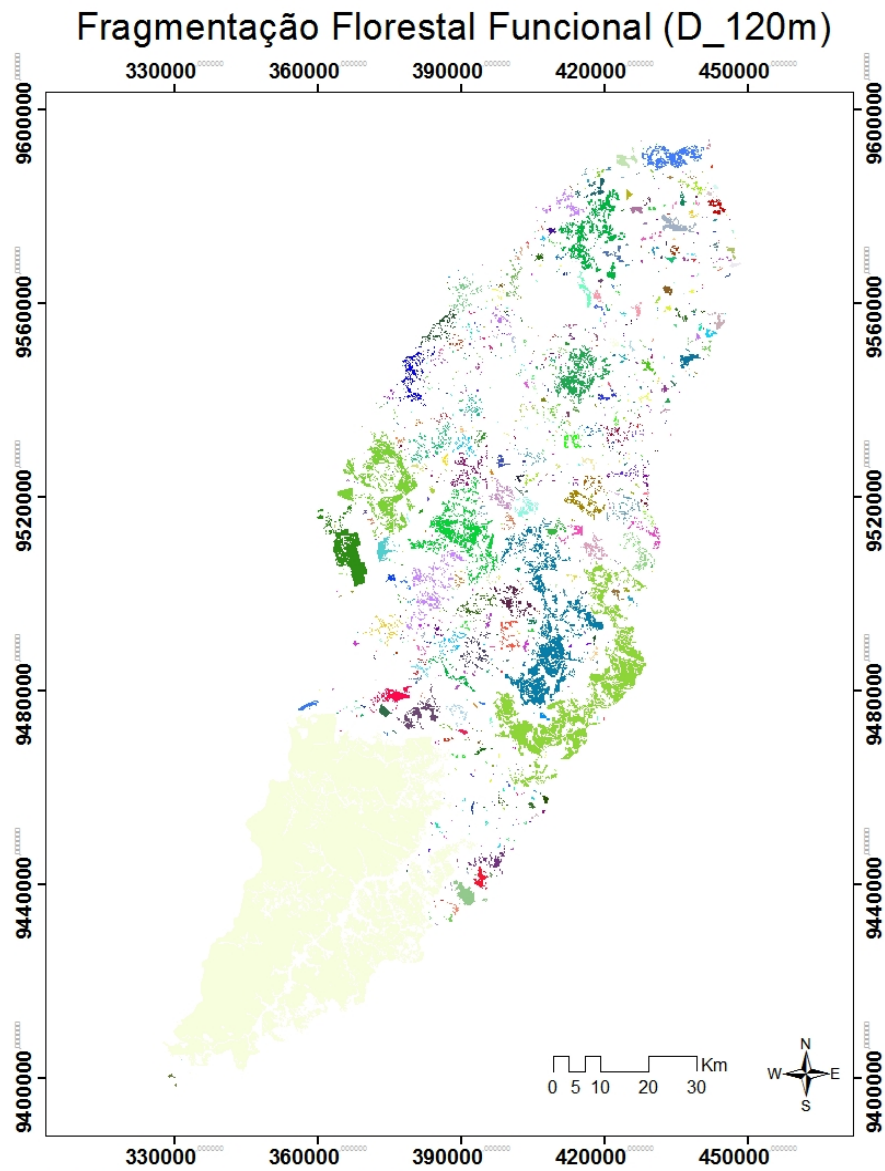
Com *gap crossing* de 240 metros a região centro aparece com três áreas mais destacadas. A parte inferior do mapa, conectada com a TI; a porção central com o fragmento verde e com o fragmento violeta. A região leste tem uma expansão das áreas conectadas, principalmente na área mediana e no alto (verde escuro). A composição da região norte não apresenta muitas diferenças em relação do mapa de *gap crossing* de 60 metros. Os destaques continuam para os mesmos fragmentos conectados anteriores, no alto (azul) e na parte mediana (verde). A região oeste apresenta uma grande área um pouco abaixo da porção média do mapa (verde claro). Outras áreas também começam a se destacar (figuras 11 a 15).

Figura 11 – conectividade funcional *gap crossing* 240m - zutiua



Fonte: Ricardo Tannús, 2012.

Figura 12 – Conectividade funcional para *gap crossing* de 240m.

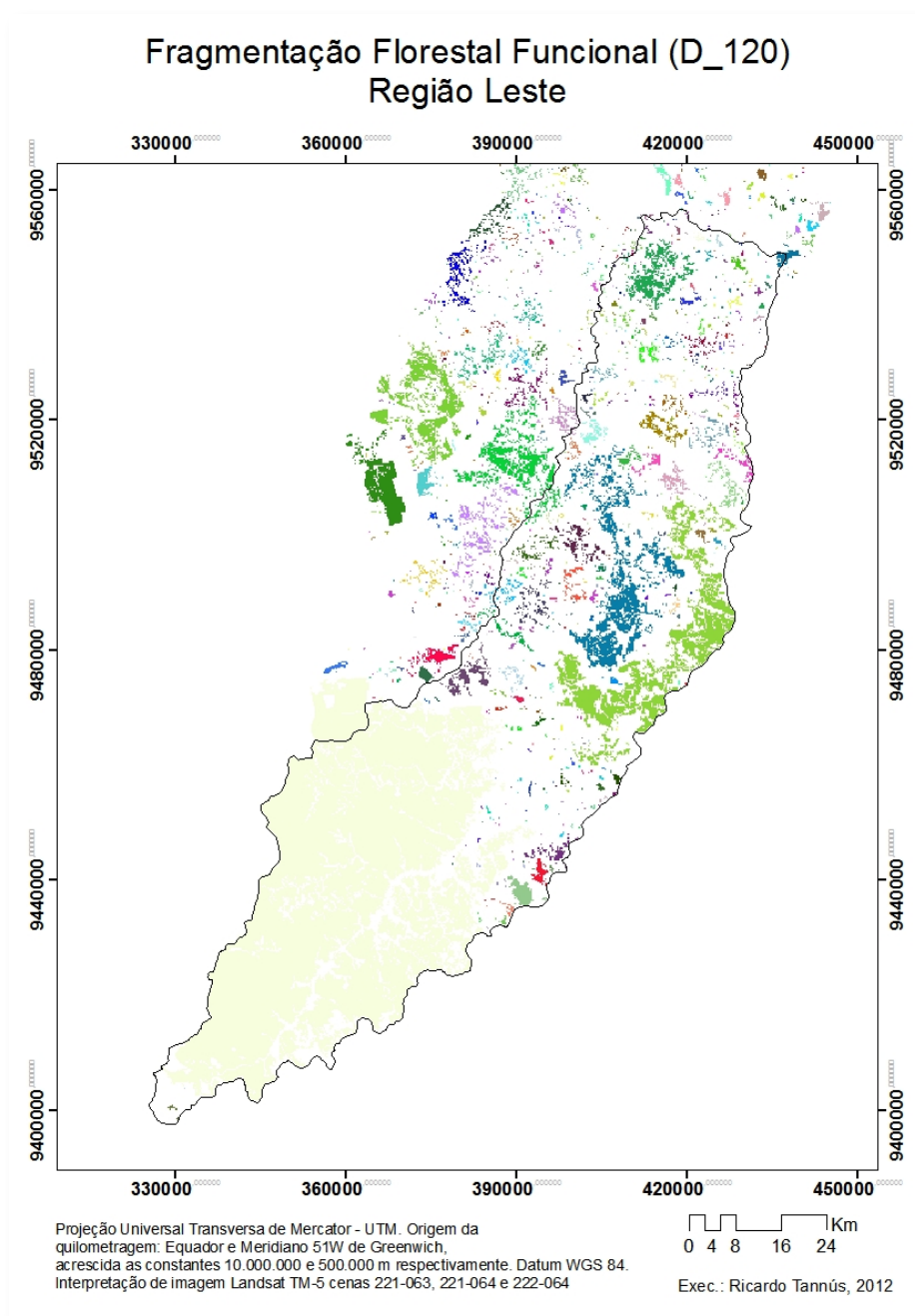


Projeção Universal Transversa de Mercator - UTM. Origem da quilometragem: Equador e Meridiano 51W de Greenwich, acrescida as constantes 10.000.000 e 500.000 m respectivamente. Datum WGS 84. Interpretação de imagem Landsat TM-5 cenas 221-063, 221-064 e 222-064

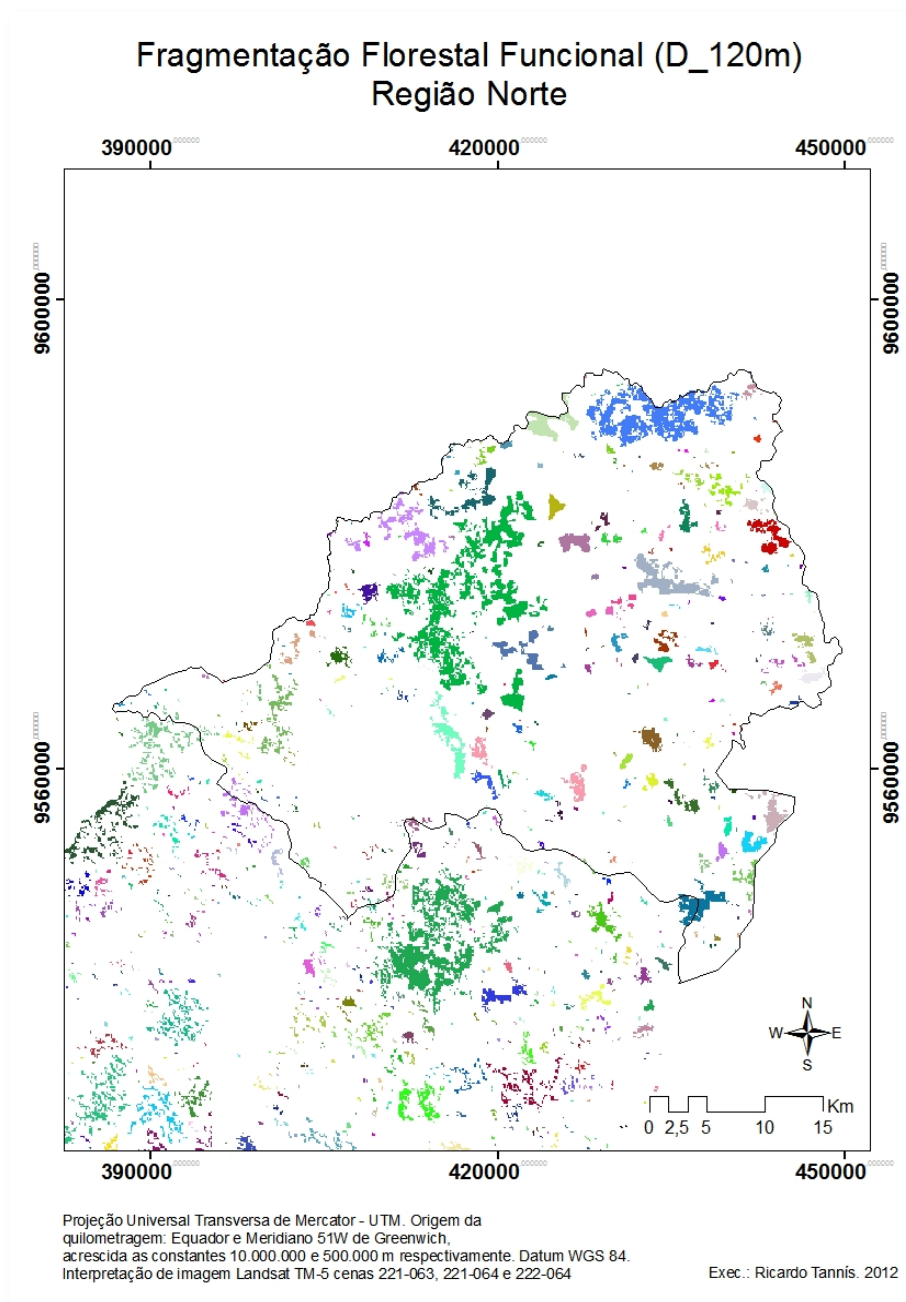
Exec.: Ricardo Tannús. 2012

Fonte: Ricardo Tannús, 2012.

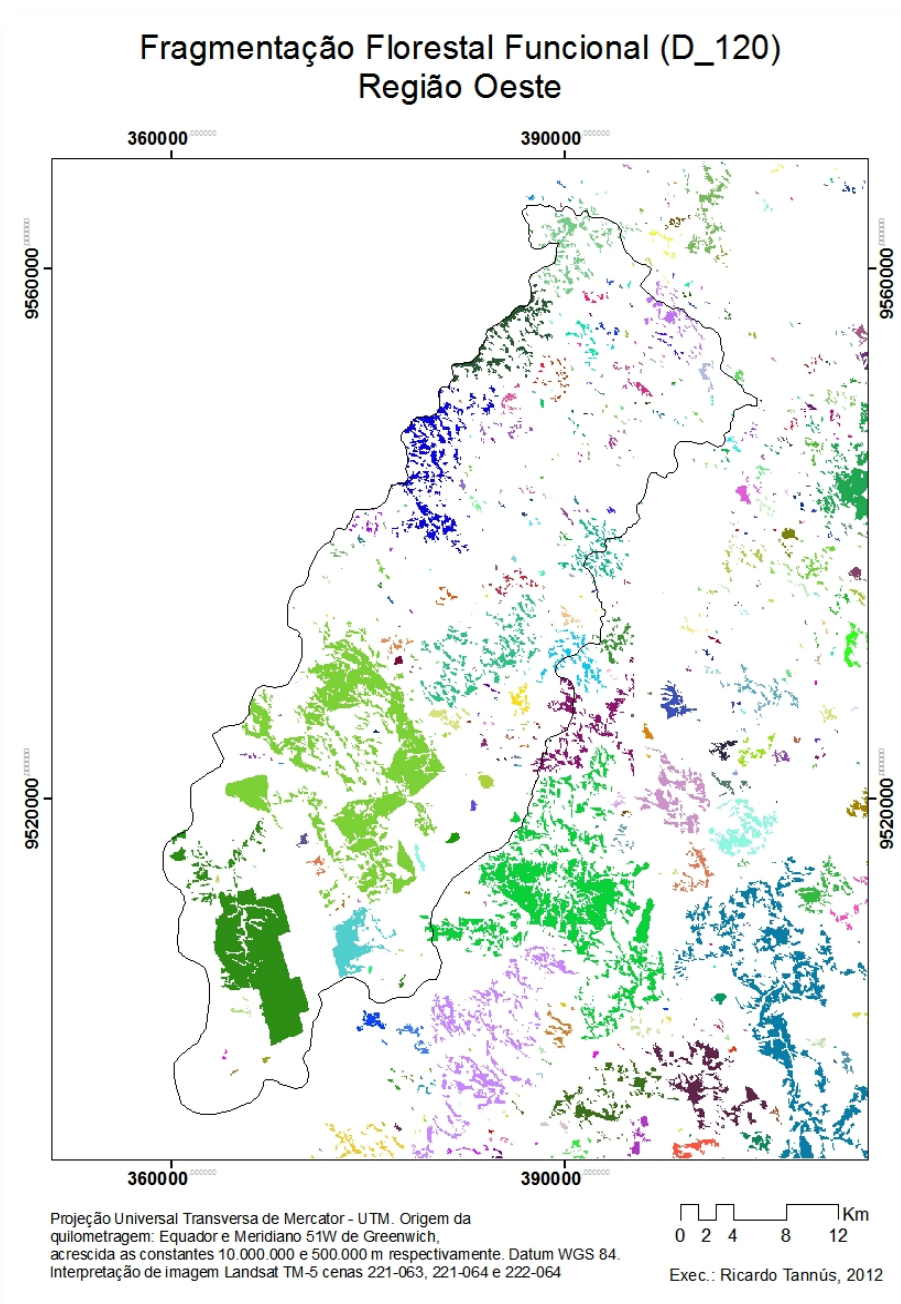


Figura 13 – Conectividade funcional para *gap crossing* de 240m – leste

Fonte: Ricardo Tannús, 2012.

Figura 14 – Conectividade funcional para *gap crossing* de 240m – norte

Fonte: Ricardo Tannús, 2012.

Figura 15 – Conectividade funcional para *gap crossing* de 240m – oeste

Fonte: Ricardo Tannús, 2012.

Ampliando a capacidade de deslocamento, criamos um mapa que mostra a conectividade dos fragmentos para um *gap crossing* de 480 metros. Neste caso, consideramos a paisagem com apenas 494 fragmentos. Mamíferos como o *Micoureus demerarae*\* (PIRES *et al.* 2002) e *Micoureus paraguayanus*\*\* (BRITO; FONSECA, 2007) conseguem ampliar seu poder de deslocamento com o uso de *stepping stones*, chegando a 800 metros. Lira *et al.* (2007) calcularam o deslocamento do mamífero *Philander frenata*\*\* como 485 metros.<sup>3</sup>

Os organismos que conseguem deslocar 480m numa matriz têm a disposição muitos fragmentos para explorar. Conseguimos visualizar vastas área conectadas, principalmente na

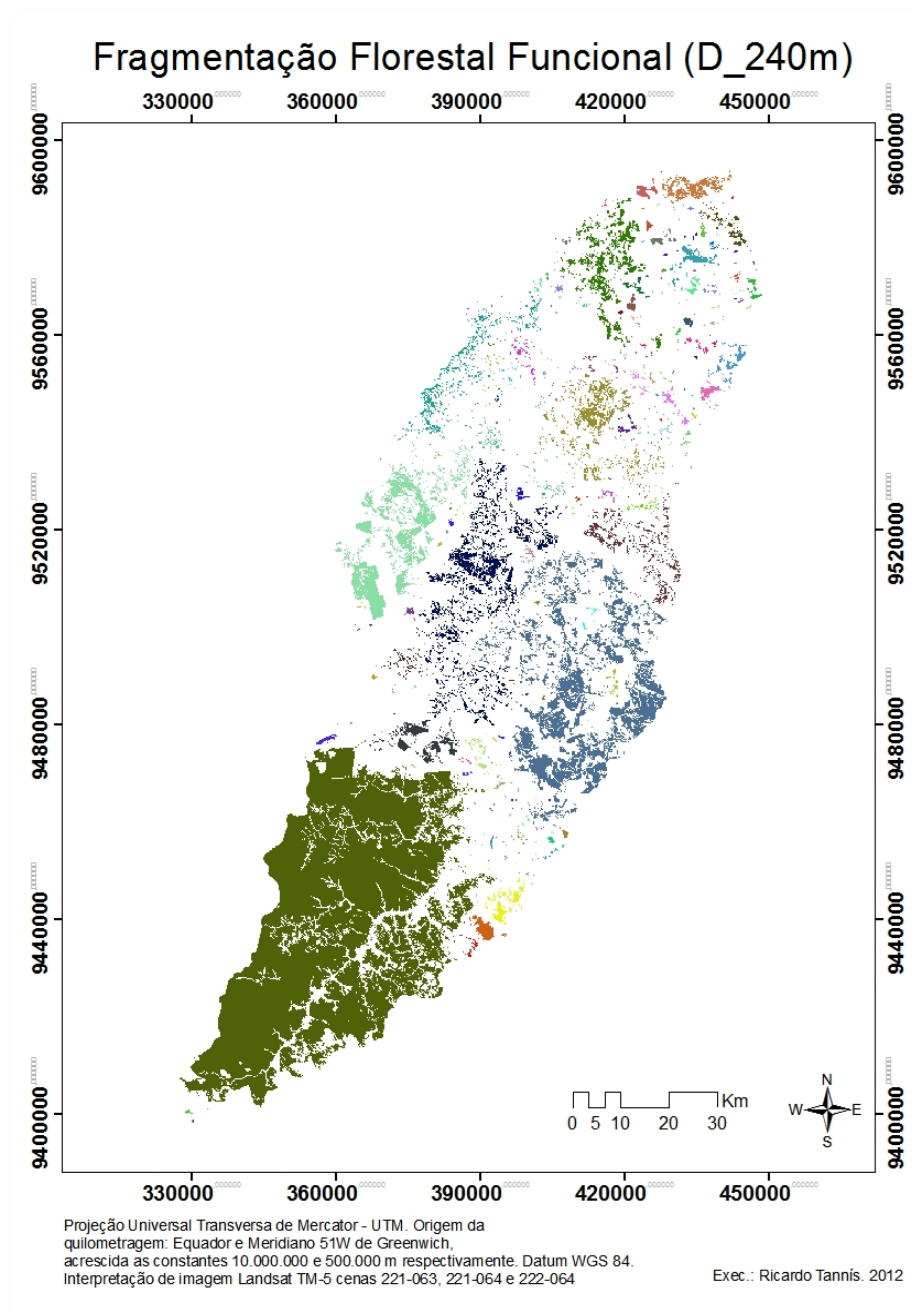
<sup>3</sup>\* espécie encontrada na Amazônia Maranhense

\*\* gênero encontrado na Amazônia Maranhense

metade inferior do mapa. Mas também presenciamos fragmentos que continuam isolados e estes tendem a perder a biodiversidade pelos motivos expostos por Olifiers e Cerqueira (2006), Dixo *et al.*, (2009), Madsen *et al.*, (1996).

A região centro ganha uma conectividade mais clara com as regiões leste e oeste. A região leste surge com dezenas de fragmentos conectados na área central. Na parte baixa do mapa a TI mantém seu predomínio. A porção alta continua com bem fragmentada, mas com um refúgio a noroeste. A região norte surge com uma ligação entre seus fragmentos e os fragmentos da região oeste, pela borda da bacia hidrográfica. Ainda na região oeste aparece uma área que se estende da porção mediana até a porção baixa do mapa (Figuras 16 a 20).

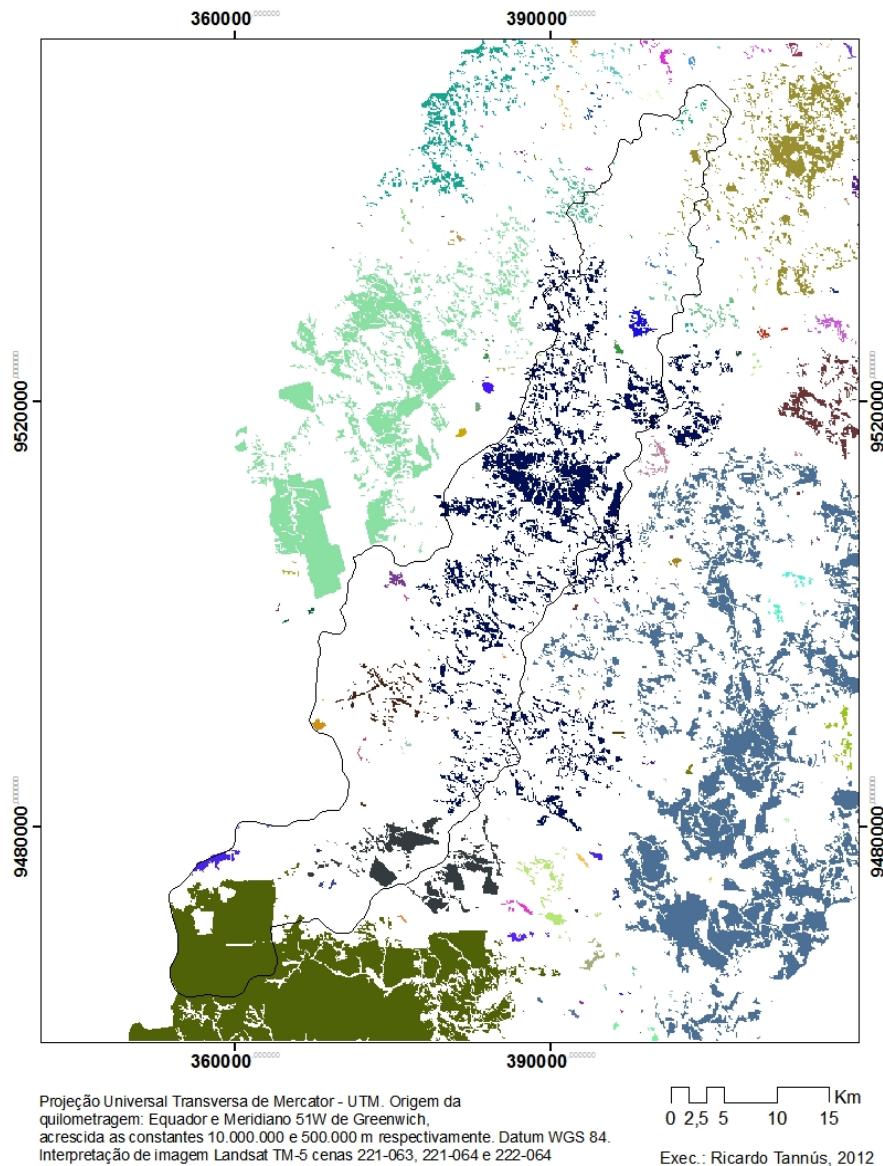
Figura 16 – Conectividade funcional para *gap crossing* de 480m para a sub-bacia.



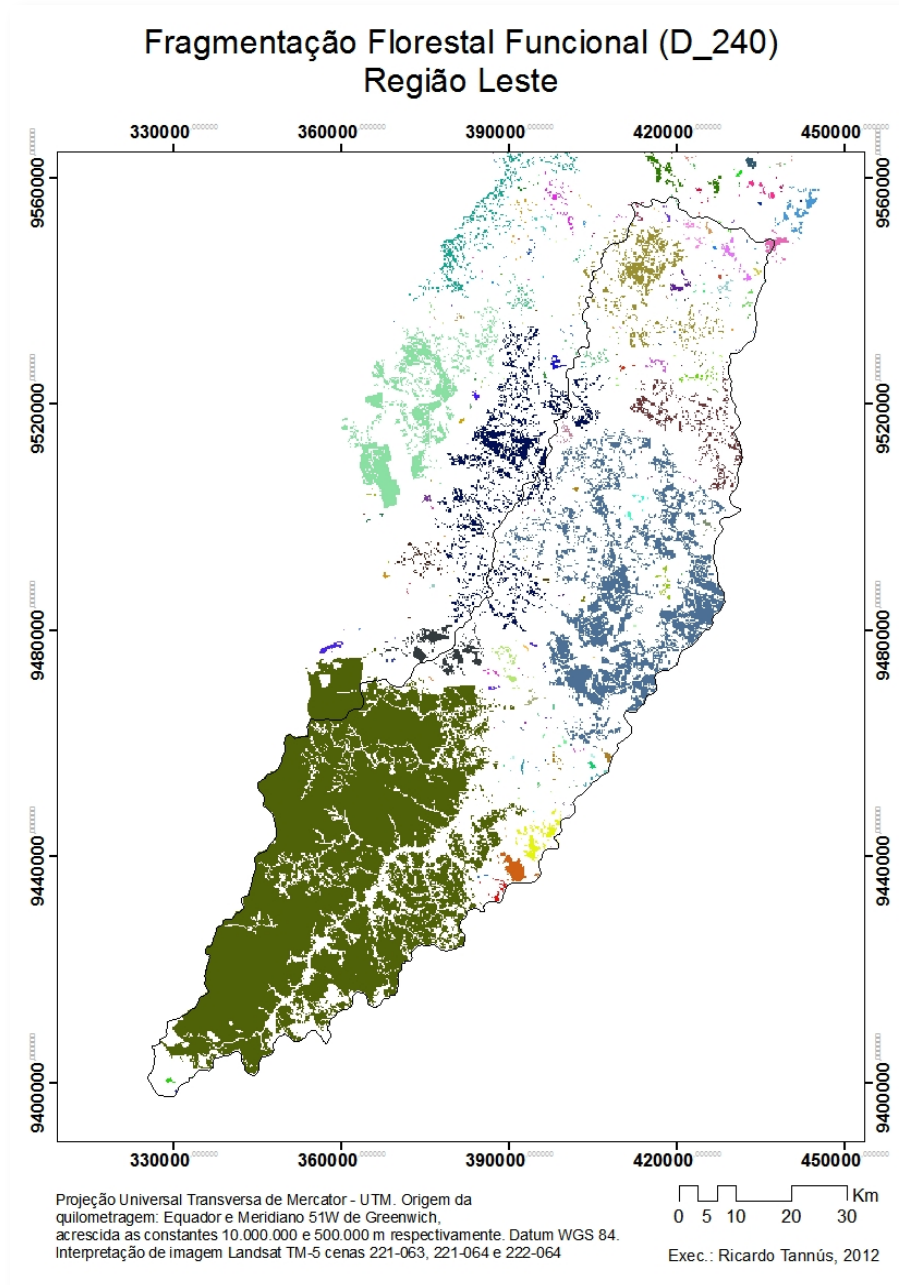
Fonte: Ricardo Tannús, 2012.

Figura 17 – Conectividade funcional para *gap crossing* de 480m - centro

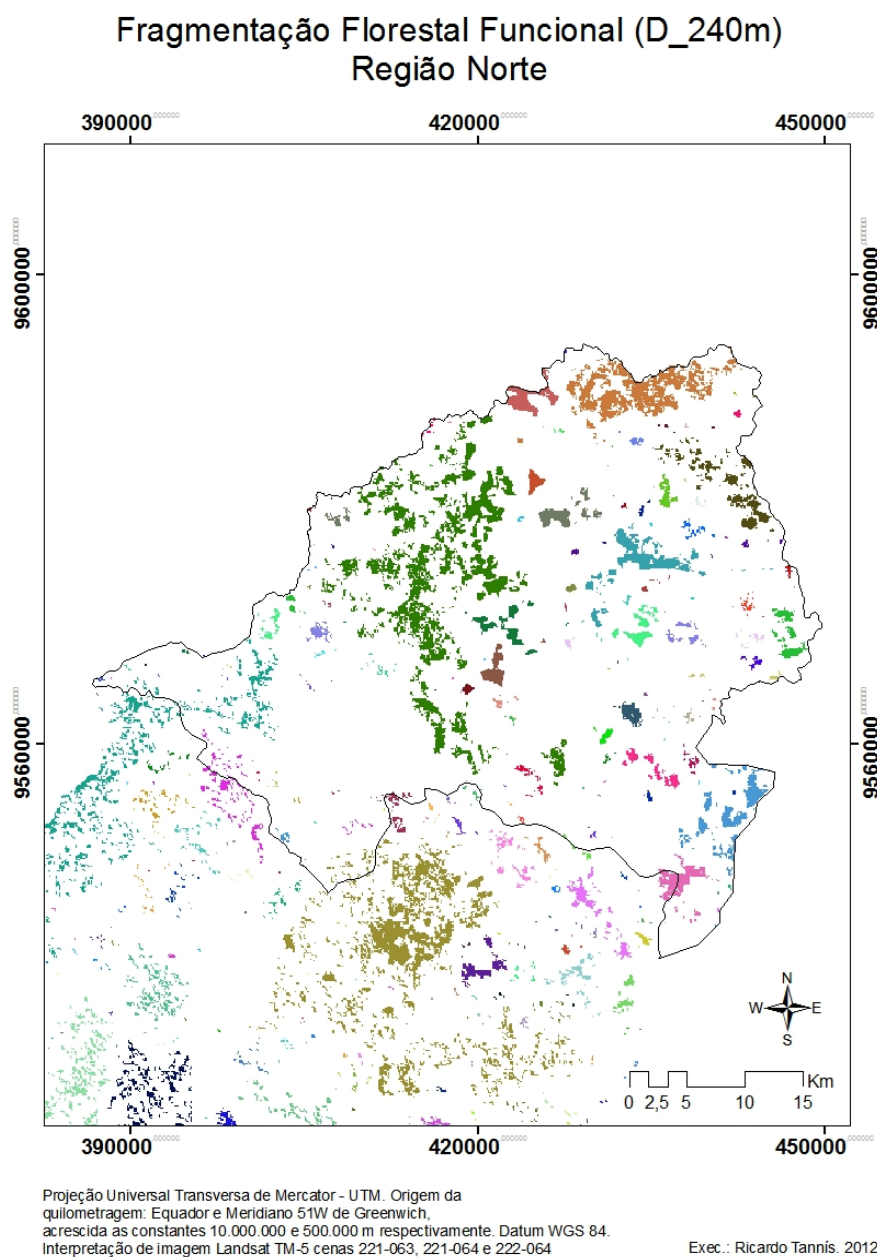
### Fragmentação Florestal Funcional (D\_240) Região Centro



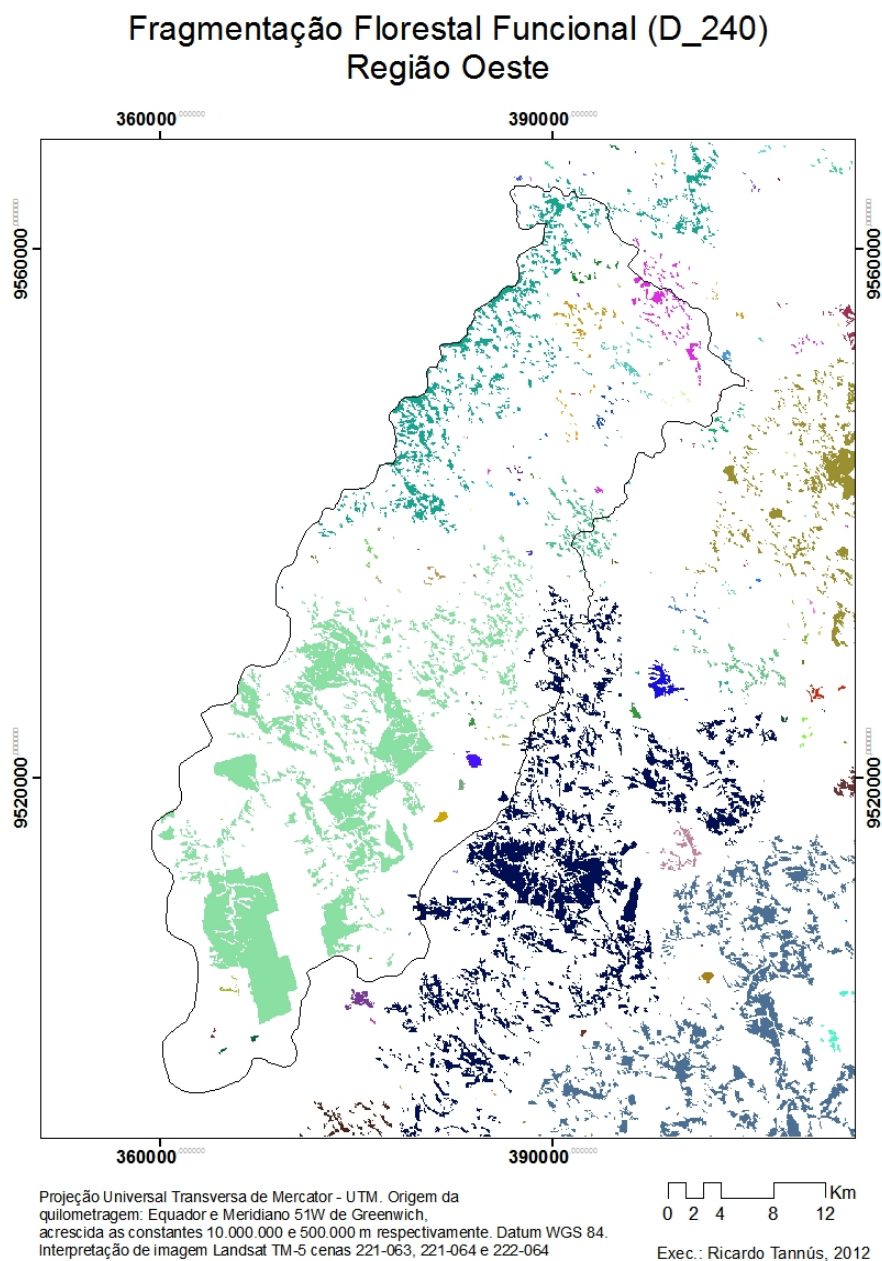
Fonte: Ricardo Tannús, 2012.

Figura 18 – conectividade funcional para *gap crossing* de 480m – leste

Fonte: Ricardo Tannús, 2012.

Figura 19 – Conectividade funcional para *gap crossing* de 480m – norte.

Fonte: Ricardo Tannús, 2012.

Figura 20 – Conectividade funcional para *gap crossing* de 480 -

Fonte: Ricardo Tannús, 2012.

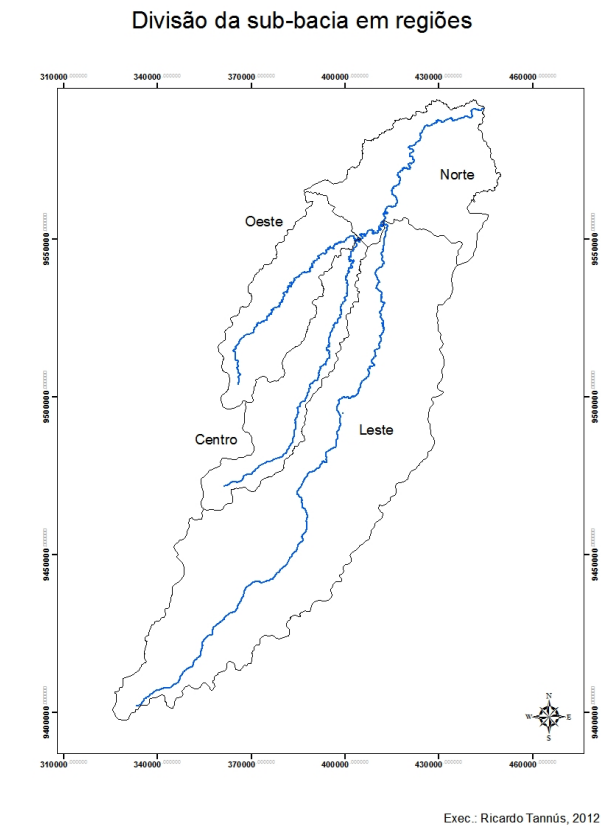
### **Análise das regiões da sub-bacia do Zutuia**

Com o intuito de contribuir com informações ambientais para a implantação de Comitês de Bacias Hidrografias vamos analisar a estrutura da paisagem para cada um das regiões propostas, visualizando o mapeamento de uso e cobertura do solo, a distribuição espacial da cobertura vegetal e interpretando a conectividade funcional, seguindo os mesmo parâmetros utilizados para a sub-bacia.

A figura 21 mostra os rios de 4, 5 e 6ª. ordem dentro da sub-bacia, a divisão criada a partir dessas bacias e os nomes atribuídos a cada porção.



Figura 21 – Imagem mostrando a divisão da sub-bacia do Zutuia em quatro regiões



Fonte: Ricardo Tannús, 2012

### A região Norte:

Essa região possui 169.098 hectares, é a segunda maior da sub-bacia. Distribui-se sobre sete municípios, sendo os três mais abrangentes Santa Luzia (56%), Tufilândia (14%) e Alto Alegre do Pindaré (13%). As classes de floresta ombrófila e floresta com babaçu recobrem 12,2%. A classe solo é a predominante (33,9%) e se for somada com a classe vegetação herbácea / pasto temos 70,3% da área, uma situação crítica (Tabela 5, Figura 22).

Tabela 5 – uso e cobertura da região norte

Classe	Área (ha)	%
Água	1.932	1.14
Cidade	409	0.24
Floresta Ombrófila	3.798	2.25
Floresta com babaçu	16.908	10.00
Rede de Drenagem	292	0.17
Solo	57.311	33.89
Veg. Herbácea com pasto	44.677	26.42
Veg. Secundária	45.303	26.79
Total	169.098	100

Fonte: Ricardo Tannús, 2012.

Isolamos a feição de cobertura Floresta e a classificamos por classes de tamanho, conforme apresentado na tabela 5. A área Total para essa feição foi de 21.147 hectares e observamos que a grande maioria dos polígonos possui uma área menor que 50ha e ocupam uma área correspondente a 28,1%. Quando reduzimos a área de efeito de borda, de 100 metros, temos a área núcleo e o valor da cobertura florestal é reduzido 6891 hectares. Além disso, o número de fragmentos é reduzido em 698, o que torna a área mais desconecta. No entanto a dominância passa a ser dos fragmentos da classe de 100 a 250 hectares, indicando uma situação um pouco mais favorável para a conservação (Tabelas 6 e 7).

Tabela 6 – Agrupamento dos fragmentos por classe de tamanho florestal, região norte

Floresta Norte			
Classe	Polígonos	Área (ha)	%
0.5 – 50	799	5.958	28.17
50 – 100	32	2.097	9.92
100 – 250	22	3.607	17.06
250 – 500	11	3.480	16.46
500 – 1000	4	2.673	12.64
1000 – 2500	2	3.332	15.76
2500 –	0	0	0
Total	870	21.147	100

Fonte: Ricardo Tannús, 2012.

Tabela 7 – Agrupamento por classe de tamanho de área núcleo, região norte

Área núcleo – Norte			
Classe	Polígonos	Área (ha)	%
0.5 – 50	140	1.298	18.85
50 – 100	13	901	13.09
100 – 250	13	1.938	28.15
250 – 500	4	1.531	22.24
500 – 1000	2	1.216	17.66
1000 – 2500	0	0	0.00
2500 –	0	0	0.00
Total	172	6.884	100.00

Fonte: Ricardo Tannús, 2012.

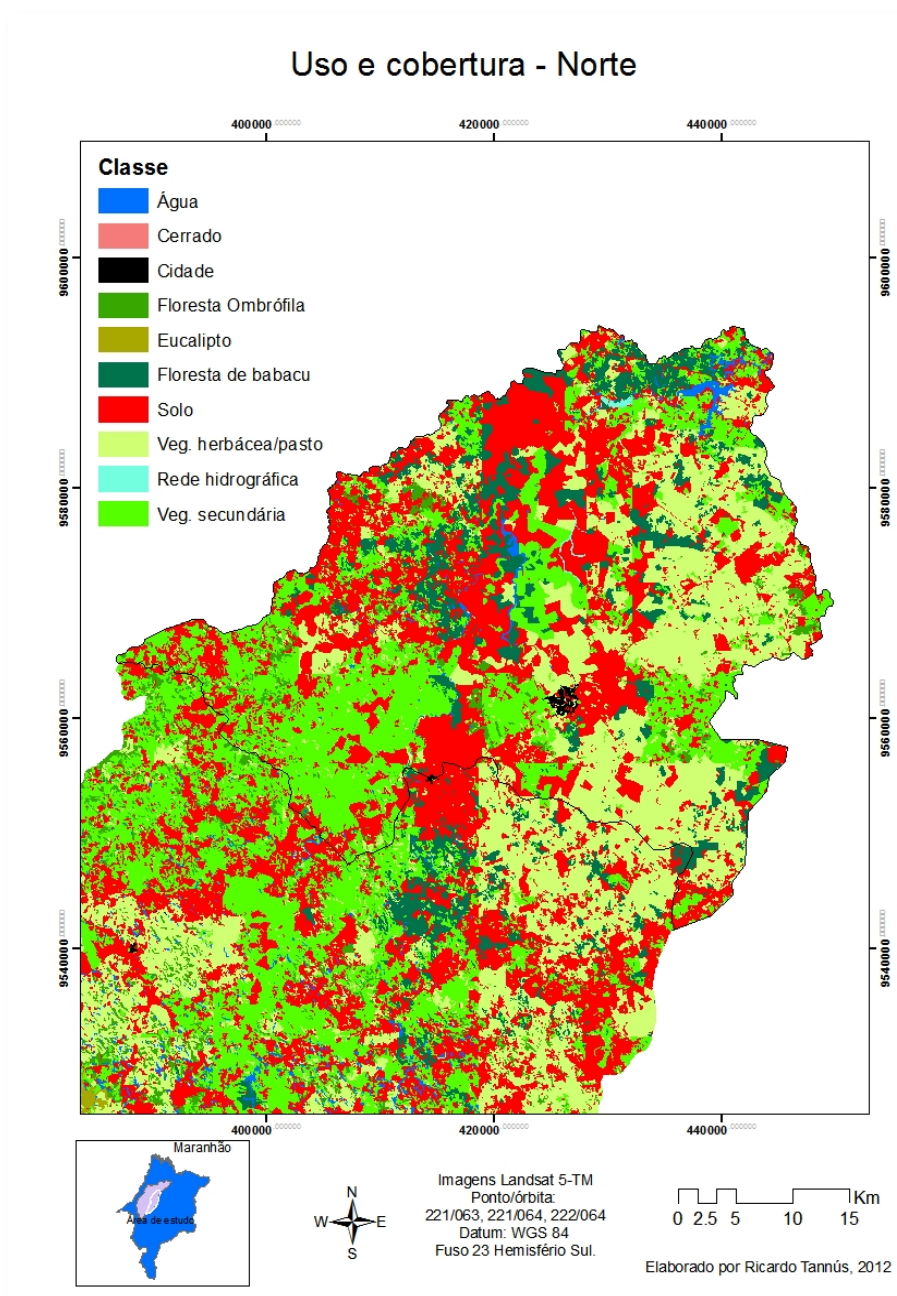
As tabelas onde temos o índice de forma e distribuição por classe de tamanho mostram a quantidade de fragmentos de cada tamanho pertencente a cada uma das classes de forma. Na tabela 8 temos 326 fragmentos de floresta que possuem área menor que 50 hectares e tem um formato mais compacto. A melhor situação ocorre quando áreas grandes possuem uma forma mais arredondada, indicando uma baixa perda de área para o efeito de borda (tarja verde na tabela). Em oposição, pequenas áreas e com formato criticamente irregular é um estado crítico (tarja vermelha na tabela). A tarja amarela é a situação moderada, fragmento nem tão pequenos, nem tão irregulares na forma. Em relação a forma temos um cenário aparentemente favorável quando observamos que 38.2% dos fragmentos apresentam um índice entre 1 e 1,5. Em contrapartida, esses fragmentos estão na classe de menor tamanho (0.5 a 50 ha)(Tabela 8).

Tabela 8 – Agrupamento por classe do *shape index* e a distribuição dos polígonos associados, região norte.

Índice de forma – Norte			Distribuição dos polígonos por classes de forma e área						
Classe	Polígono	%	< 50	50 - 100	100 - 250	250 - 500	500 – 1.000	1.000- 2.500	> 2.500
1.0 - 1.5	333	38.28	326	5	1	1	0	0	0
1.6 - 2.5	452	51.95	429	14	8	1	0	0	0
2.6 - 4.0	68	7.82	44	11	8	3	2	0	0
> 4.0	17	1.95	0	2	5	6	2	2	0
Total	870	100.00							

Fonte: Ricardo Tannús, 2012.

Figura 22 – Mapa temático de uso e cobertura do solo – norte



Fonte: Ricardo Tannús, 2012.

### A região Leste:

A região Leste é a maior área da sub-bacia, com 594.865 hectares. É composto por parte de oito municípios, sendo as maiores contribuições de espaço vindo de Santa Luzia (47%), Amarante do Maranhão (27%) e Arame (25%). Dessa porção temos que 40% é cobertura florestal e 19,6% é vegetação secundária, indicando bom índice para conservação da área. É a região que mais possui floresta, mas a distribuição no território é irregular devido a concentração de mata nativa na Terra Indígena Araribóia, ao sul (Figura 23). Recalculando o percentual de cobertura florestal, mas sem considerar a TI, restaria somente algo em torno de 11%, que estaria no limiar mínimo para a conservação, segundo a recomendação. Existem 8 polígonos com cobertura florestal maior que 2.500 hectares e eles representam 77% de toda a floresta na região.

A cobertura florestal de 257.858 hectares é reduzida para 181.005 quando contabilizamos somente a área núcleo (Tabela 9), e continuamos com o predomínio percentual das áreas acima de 2.500 hectares. Percebemos que a quantidade de polígonos das áreas menores que 50 hectares têm predomínio absoluto (Tabela 10 e 11).

Tabela 9 – Uso e cobertura do solo, região leste.

Uso e cobertura - Leste		
Classe	Área ha	%
Água	4.134	0.69
Cerrado	7.686	1.29
Cidade	173	0.03
Eucalipto	4.427	0.74
Floresta ombrófila	238.797	40.14
Floresta com babaçu	9.426	1.58
Rede	15.771	2.65
Solo	109.876	18.47
Veg. Herbácea	88.131	14.82
Veg. Secundária	116.839	19.64
Total	594.865	100.00

Fonte: Ricardo Tannús, 2012.

Tabela 10 - Agrupamento dos fragmentos por classe de tamanho florestal, região leste.

Cobertura Florestal - Leste			
Classe	Polígonos	Área (ha)	%
0.5 – 50	2.205	17.775	6.90
50 – 100	82	5.863	2.27
100 – 250	55	8.688	3.37
250 – 500	23	8.206	3.18
500 – 1000	13	8.083	3.13
1000 – 2500	7	10.817	4.19
2500 –	8	198.426	76.95
Total	2.393	257858	100

Fonte: Ricardo Tannús, 2012.

Tabela 11 – Agrupamento por classe de tamanho de área núcleo, região leste.

Área núcleo - Leste			
Classe	Polígonos	Área (ha)	%
0.5 – 50	383	3.103	1.71
50 – 100	24	1.644	0.91
100 – 250	27	4.295	2.37
250 – 500	9	3.058	1.69
500 – 1000	5	3.948	2.18
1000 – 2500	6	10.591	5.85
2500 –	4	154.338	85.28
Total	458	180.977	100.00

Fonte: Ricardo Tannús, 2012.

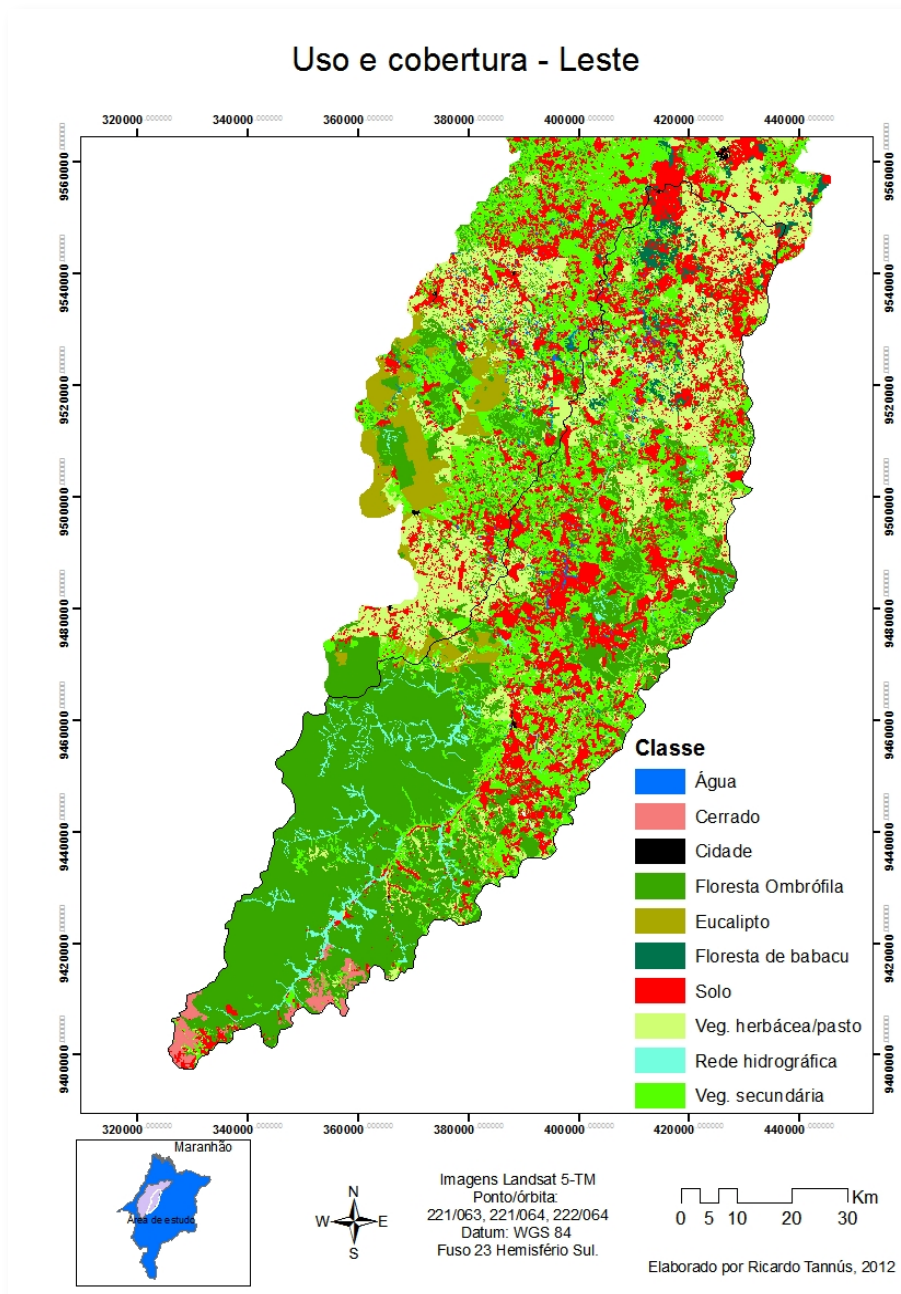
O índice de forma (Tabela 12) predominante (> 50%) está entre 1,6 a 2,5, dito moderadamente circular, e a maior parte dos polígonos com essa classificação possuem área abaixo dos 50 hectares. Na tabela 12 temos a distribuição dos polígonos por classe de tamanho e índice de forma. Há mais fragmentos na tarja vermelha, situação mais preocupante para a biodiversidade de forma geral, com o risco de perda destes fragmentos e diminuição da conectividade.

Tabela 12 – Agrupamento por classe do *shape index* e a distribuição dos polígonos associados, região leste.

Índice de forma – Leste			Distribuição dos polígonos por classes de forma e área						
Classe	Polígono	%	< 50	50 - 100	100 – 250	250 - 500	500 – 1.000	1.000- 2.500	> 2.500
1.0 - 1.5	777	32.47	773	3	1	0	0	0	0
1.6 - 2.5	1.326	55.41	1279	30	13	4	0	0	0
2.6 - 4.0	228	9.53	158	39	22	4	4	0	1
> 4.0	62	2.60	2	7	18	14	9	6	6
Total	2.393	100							

Fonte: Ricardo Tannús, 2012.

Figura 23 – Mapa temático de uso e cobertura do solo – leste



Fonte: Ricardo Tannús, 2012.

### A região Oeste:

Essa é a terceira maior região da sub-bacia e possui 126.014 hectares de área. É composto por parte de três municípios, Santa Luzia (91%), Buritucupu (7%) e Alto Alegre do Pindaré. Com relação ao mapeamento de uso e cobertura do solo podemos notar que a classe vegetação secundária predomina com 23,4%, mas com um valor próximo ao de vegetação herbácea / pasto (21%). Em seguida temos as classes Eucalipto, solo e floresta com, praticamente, os mesmos valores de cobertura (Tabela 13). A região mostra-se muito antropizada e com áreas de cobertura florestal de 21553 hectares da região, um pouco acima dos 17%. Apesar de parecer um percentual relevante a floresta está em fragmentos com até 50 hectares (31,3%) e em dois blocos de vegetação com área acima dos 2.500ha totalizando uns 35% (Tabela 14, Figura 24). A maior parte da floresta (67%) está nos extremos da tabela, ou muito e pequenos ou poucos e grandes. Um dos blocos de floresta

está rodeado por projeto de silvicultura e através das observações de campo percebemos que se trata de um local com alta declividade, o que a torna inapropriada para a entrada de máquinas agrícolas. As outras classes de tamanho estão distribuídas com certa homogeneidade.

Tabela 13 – uso e cobertura do solo, região oeste

Uso e cobertura - Oeste		
Classes	Área (ha)	%
Água	2.089	1.66
Cidade	123	0.10
Floresta Ombrófila	23.378	18.55
Floresta com babaçu	21.553	17.10
Rede de Drenagem	296	0.23
Solo	22.633	17.96
Veg. Herbácea com pasto	26.519	21.04
Veg. Secundária	29.456	23.38
Total	126.014	100.00

Fonte: Ricardo Tannús, 2012.

Tabela 14 - Agrupamento dos fragmentos por classe de tamanho florestal, região oeste

Floresta Oeste			
Classe	Polígono	Área (ha)	%
0.5 – 50	962	6.907	31.32
50 – 100	20	1.370	6.21
100 – 250	13	1.999	9.06
250 – 500	2	734	3.33
500 – 1.000	3	2.087	9.46
1.000 – 2.500	1	1.248	5.66
2.500 –	2	7.710	34.96
Total	1.003	22.055	100

Fonte: Ricardo Tannús, 2012.

Quando subtraímos a área sob efeito de borda temos uma redução de 13.679 hectares e temos a perda de 888 pequenas áreas florestais. A grande área remanescente é com grande declive. A cobertura florestal está concentrada em poucos polígonos com área intermediária (Tabela 15).



Tabela 15 - Agrupamento por classe de tamanho de área núcleo, região oeste.

Áreas núcleo – Oeste			
Classe	Polígonos	Área (há)	%
0.5 – 50	104	737	8.80
50 – 100	4	259	3.09
100 – 250	2	452	5.40
250 – 500	1	479	5.72
500 – 1.000	2	1.212	14.47
1.000 – 2.500	1	1.652	19.72
2.500 –	1	3.585	42.80
Total	115	8.376	100.00

Fonte: Ricardo Tannús, 2012.

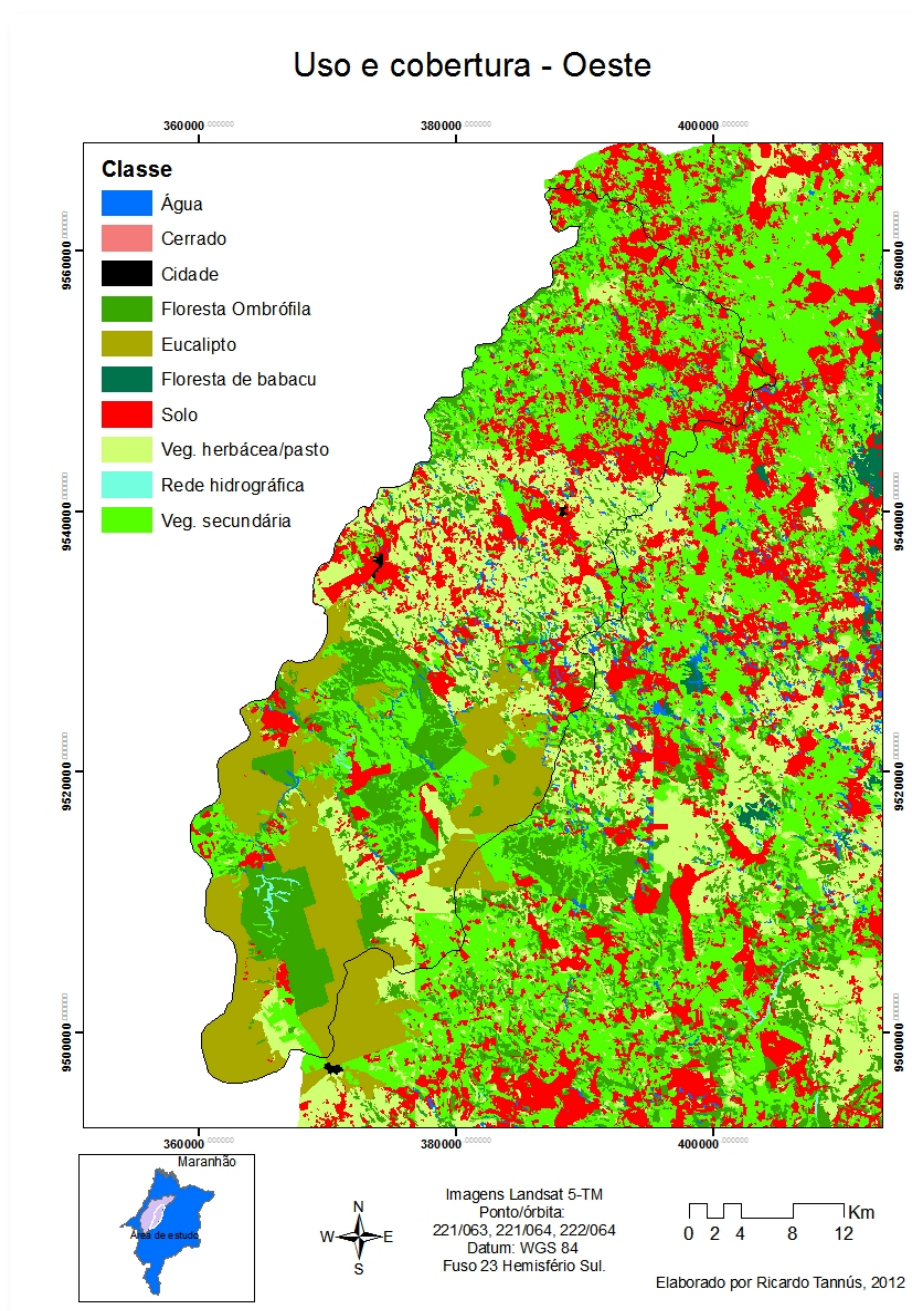
Em relação ao índice de forma há uma prevalência de 89,4% entre 1 a 2.5, circulares a moderadamente circular. São os melhores índices, porém com os menores tamanhos em área (Tabela 16). Assim como as outras regiões a situação é de alerta devido a presença de fragmentos com formas irregulares e sujeitos a grande efeito de borda.

Tabela 16 - Agrupamento por classe do *shape index* e a distribuição dos polígonos associados, região oeste

Índice de forma – Oeste			Distribuição dos polígonos por classes de forma e área.						
Classe	Polígono	%	< 50	50 - 100	100 - 250	250 - 500	500 – 1.000	1.000 - 2.500	> 2.500
1.0 - 1.5	349	34.80	346	3	0	0	0	0	0
1.6 - 2.5	548	54.64	543	4	0	0	1	0	0
2.6 - 4.0	88	8.77	73	11	2	1	1	0	0
> 4.0	18	1.79	0	2	11	1	1	1	2
Total	1.003	100							

Fonte: Ricardo Tannús, 2012.

Figura 24 – mapa temático de uso e cobertura do solo – oeste.



Fonte: Ricardo Tannús, 2012.

### A região Centro:

É a menor região com 122.875 hectares. Está localizado em parte dos municípios de Buritucup (15%) e Santa Luzia (85%).

A maior classe é de vegetação herbácea / pasto (28,8%). Floresta é a terceira maior classe e está presente em 18,9% da região. No geral a região central está sob forte efeito antrópico com muitas áreas de solo, vegetação herbácea e pasto (Tabela 17, Figura 25).

Tabela 17 – uso e cobertura do solo, região centro.

Classe	Área (ha)	%
Água	2.133	1.74
Cidade	150	0.12
Floresta Ombrófila	7.404	6.03
Floresta com babaçu	23.252	18.92
Rede de Drenagem	421	0.34
Solo	22.461	18.28
Veg. Herbácea com pasto	35.372	28.79
Veg. Secundária	31.697	25.80
Total	122.875	100.00

Fonte: Ricardo Tannús, 2012.

A cobertura florestal predomina em duas grandes áreas (47%) e em pequenos fragmentos (27%). Um bloco de floresta está contíguo a TI Araribóia, apresentando uma excelente conectividade para o deslocamento dos organismos (Tabela 18).

Tabela 18 - Agrupamento dos fragmentos por classe de tamanho florestal, região centro.

Floresta Centro			
Classe	Polígono	Área (ha)	%
0.5 – 50	809	6.571	27.07
50 – 100	27	1.804	7.43
100 – 250	16	2.380	9.81
250 – 500	5	1.414	5.83
500 – 1.000	1	680	2.81
1.000 – 2.500	0	0	0
2.500 –	2	11.426	47.07
Total	860	24.275	100

Fonte: Ricardo Tannús, 2012.

A área de cobertura florestal é reduzida em mais de 50% quando excluimos as áreas de borda, restando 11.321 hectares. Um único bloco de floresta assegura uma área de 7.761 hectares. Também temos uma outra área com 1.344ha. Essas duas áreas representam cerca de 80% do total. Uma forte concentração da cobertura florestal, que é útil para a manutenção da fauna, mas também indica uma ausência de áreas de tamanho intermediária pela região centro (tabela 19).

Tabela 19 - Agrupamento por classe de tamanho de área núcleo, região centro.

Área núcleo - Centro			
Classe	Polígonos	Área (ha)	%
0.5 – 50	131	906	8.01
50 – 100	4	286	2.53
100 – 250	2	277	2.45
250 – 500	2	735	6.50
500 – 1.000	0	0	0.00
1.000 – 2.500	1	1.344	11.88
2.500 –	1	7.761	68.63
Total	141	11.309	100.00

Fonte: Ricardo Tannús, 2012.

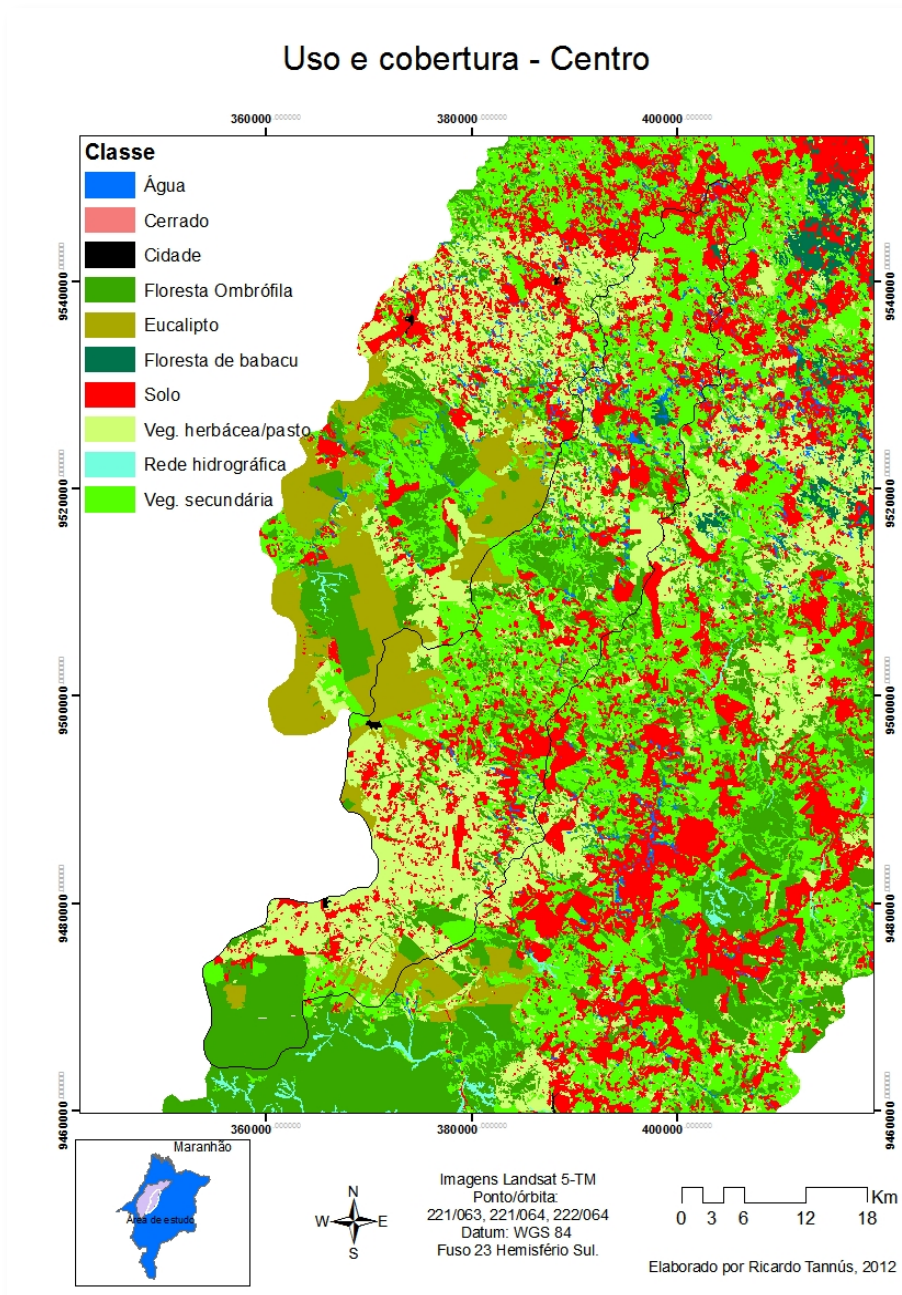
A análise da forma e de tamanho (Tabela 20) evidencia que os fragmentos da região centro também estão em situação de alerta, principalmente quando relacionamos esses dados com a baixa cobertura de floresta ombrófila, que possui o maior potencial para manter espécies.

Tabela 20 - Agrupamento por classe do *shape index* e a distribuição dos polígonos associados, região centro

Índice de forma - Centro			Distribuição dos polígonos por classes de forma e área						
Classe	Polígono	%	< 50	50 - 100	100 - 250	250 - 500	500 – 1.000	1.000- 2.500	> 2.500
1.0 - 1.5	249	28.99	247	1	0	1	0	0	0
1.6 - 2.5	493	57.39	487	4	1	1	0	0	0
2.6 - 4.0	100	11.64	76	17	6	0	1	0	0
> 4.0	17	1.98	0	5	9	2	0	0	1

Fonte: Ricardo Tannús, 2012.

Figura 25 – mapa temático de uso e cobertura do solo – centro



Fonte: Ricardo Tannús, 2012.

### Comparativo entre as quatro regiões:

Nas tabelas abaixo apresentamos um comparativo entre as quatro regiões. Iniciamos com uso e cobertura (Tabela 21), cobertura florestal (Tabela 22), área núcleo (Tabela 23) e índice de forma (Tabela 24).

A região Leste possui a maior variedade de habitats, com a presença de cerrado no extremo sul e com floresta com babaçus no norte da região. Conta com forte presença de cobertura florestal devido a presença da TI Araribóia. A TI também acrescenta área de floresta ombrófila na região centro e isso melhora o índice de cobertura florestal da região. Porém há menos fragmentos de cobertura florestal, o que pode dificultar a conectividade funcional. A floresta de babaçu ocorre,

praticamente, na região Norte. Essa região é a mais antropizada, com grande cobertura de solo e vegetação herbácea associada ao pasto. A presença do babaçu está associada com as áreas antropizadas, colonizando formações florestais desmatadas (SILVA, 2008). O babaçu germina com um aumento da exposição solar e é favorecido com a derrubada da vegetação original, que abre clareiras e permite um aumento na incidência de luz solar. Excetuando a região norte, as demais têm aproximadamente os mesmos percentuais de cobertura de solo. A classe vegetação herbácea / pasto é mais presente nas regiões norte e centro, que ficam mais próximo da sede do município de Santa Luzia. Essa classe na região leste possui uma área bem expressiva, mas proporcionalmente esse valor não ganha destaque devido a grande área de cobertura florestal. Vegetação secundária tem uma distribuição mais homogênea entre as regiões, variando de 19% a 26% da área territorial.

Tabela 21 – Comparativo das classes de uso entre as regiões

Comparativo Uso e cobertura do solo								
Classe	Norte		Leste		Oeste		Centro	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%
Água	1.932	1.14	4.134	0.69	2.089	1.66	2.133	1.74
Cerrado	0	0.00	7.686	1.29	0	0.00	0	0.00
Cidade	409	0.24	173	0.03	123	0.10	150	0.12
Eucalipto	0	0.00	4.427	0.74	23.378	18.55	7.404	6.03
Floresta Ombrófila	3.798	2.25	238.797	40.14	21.553	17.10	23.252	18.92
Floresta com Babaçu	16.908	10.00	9.426	1.58	0.00	0.00	421	0.34
Rede hidrográfica	292	0.17	15.771	2.65	296	0.23	0	0.00
Solo	57.311	33.89	109.876	18.47	22.633	17.96	22.461	18.28
Veg Herb/Pasto	44.677	26.42	88.131	14.82	26.519	21.04	35.372	28.79
Veg Secundária	45.303	26.79	116.839	19.64	29.456	23.38	31.697	25.80
Total	169.098	100.00	594.865	100.00	126.014	100.00	122.875	100.00

Fonte: Ricardo Tannús, 2012.

Na tabela 22 temos os valores da classe cobertura florestal para as quatro regiões. Além desses valores também o valor percentual que a região ocupa dentro da sub-bacia e o valor percentual que a cobertura florestal da região representa do total encontrado na sub-bacia. A região leste é bem distinta das demais, concentrando mais de 80% de toda a floresta encontrada na sub-bacia. Novamente, esse valor alto advém da presença da TI Araribóia. As outras regiões compartilham valores bem baixos, ou seja, menores que 20%. Valores abaixo de 30% indicam uma paisagem bem fragmentada e com fraca conectividade funcional, ocasionando a perda abrupta de espécies (ANDRÉN, 1994). Considerando cada região como uma propriedade e considerando os dizeres da Lei (Código Florestal) deveria existir áreas de reserva legal que não poderiam ser inferior a 80% da área territorial. No entanto não observamos esse percentual de

proteção a floresta Amazônica em nenhuma das regiões estudadas. Podemos imaginar que a não obediência a Lei que impõe a reserva legal pode estar associada com o desejo de aumento da área de produção agropecuária e com a falta de fiscalização e punição pelo delito cometido. Os dados de Stella (2011) mostram que somente um percentual de, aproximadamente, 10% das multas aplicadas são pagas pelos infratores.

Tabela 22 – Comparativo da cobertura florestal entre as regiões

Comparativo do resultado Classe de área florestal					
	Área Total (ha)	Área florestada	% da região com floresta	% da região na BH	% de floresta da BH
Norte	169.098	21.147	12.51	16.70	6.67
Oeste	126.014	22.055	17.50	12.44	6.96
Centro	122.875	15.789	12.85	12.13	4.98
Leste	594.865	257.858	43.35	58.73	81.38
Total	1.012.852	316.849	31.28	100	100

Fonte: Ricardo Tannús, 2012.

Abaixo (Tabela 23) segue o comparativo entre as regiões da área núcleo. A região centro apresenta uma melhor condição de área núcleo em relação a cobertura florestal, saindo de 4,98% do total de floresta da sub-bacia para 5,45% do total de áreas núcleo da sub-bacia. É um indicativo que a forma dos fragmentos nessa região tende a ser mais compacta ou arredondada. As regiões norte e oeste mostram uma situação mais crítica, com a queda dos valores percentuais. Nesta métrica reconhecemos a situação geral da bacia como altamente preocupante. Percebe-se que três das quatro regiões estão com uma área florestal abaixo de 10% e a região leste está com praticamente 30%. Segundo Andrén (1994) 30% restante do habitat original é o limiar para o início da perda acentuada de biodiversidade, principalmente se associado com a diminuição do habitat e aumento do isolamento.

Tabela 23 – Comparativo da área núcleo entre as regiões

Comparativo do resultado Classe de área núcleo				
	Área Total (ha)	Área florestada	% da região com floresta	% de floresta da BH
Norte	169.098	6.891	4.08	3.32
Oeste	126.014	8.388	6.66	4.04
Centro	122.875	11.321	9.21	5.45
Leste	594.865	181.005	30.43	87.19
Total	1.012.852	207.605	20.50	100.00

Fonte: Ricardo Tannús, 2012.

Tabela 24 – distribuição percentual entre as regiões por classe de *shape index*

Classe	Norte		Leste		Oeste		Centro	
	Polígonos	%	Polígonos	%	Polígonos	%	Polígonos	%
1.0 - 1.5	333	19.65	777	45.84	349	20.59	249	14.69
1.6 - 2.5	452	16.28	1.326	47.75	548	19.73	493	17.75
2.6 - 4.0	68	14.62	228	49.03	88	18.92	100	21.51
> 4.0	17	15.74	62	57.41	18	16.67	17	15.74
Total	870	17.24	2.393	47.43	1.003	19.88	859	17.03

Fonte: Ricardo Tannús, 2012.

A Tabela 24 mostra como as classes de índice de forma dos fragmentos estão distribuídas entre as regiões. A região leste, devido ao seu maior tamanho, possui a maioria dos fragmentos em todas as classes de índice de forma. A próxima tabela (Tabela 25) segue mostrando, em porcentagem, como os municípios estão divididos entre as quatro regiões. Segundo as orientações da Agência Nacional de Águas, um Comitês de Bacias Hidrográficas deve ter a participação dos municípios através do poder executivo, sociedade civil e usuários. Pela tabela abaixo notamos que alguns municípios devem participar do processo de implantação de somente um CBH, enquanto que o município de Santa Luzia deverá participar da organização de todos os quatro comitês. A vantagem é a integração das informações que permite o gerenciamento de toda a sub-bacia do Zutiua de forma conjunta, evitando decisões conflitantes no ordenamento do uso dos recursos hídricos. A desvantagem é que o processo passa a ser centralizado em um município, podendo extrapolar a sua capacidade de organização. A proposta de dividir em regiões a sub-bacia do Zutiua foi facilitar o processo de implantação e manutenção do CBH. De acordo com Ribeiro *et al.* (2009) a divisão em pequenas regiões facilita o processo de definição de ações adequadas de manejo de paisagem voltados a conservação.

Tabela 25 – Percentual de como a área interna do município está distribuída entre as regiões.

Distribuição dos municípios entre as regiões (%)				
Municípios	Norte	Leste	Centro	Oeste
Altamira do Maranhão	91.99	8.01	-	-
Alto Alegre do Pindaré	88.32	-	-	11.68
Amarante do Maranhão	-	100.00	-	-
Arame	-	100.00	-	-
Bom Jardim	100.00	-	-	-
Brejo de Areia	-	100.00	-	-
Buriticupu	-	29.26	47.76	22.98
Marajá do Sena	-	100.00	-	-
Paulo Ramos	-	100.00	-	-
Pindaré-Mirim	100.00	-	-	-
Santa Inês	100.00	-	-	-



Santa Luzia	16.09	46.93	17.66	19.32
Tuflândia	100.00	-	-	-

Fonte: Ricardo Tannús, 2012.

## CONCLUSÃO

Neste trabalho realizou-se um mapeamento de uso e cobertura para a sub-bacia do Rio Zutuia e apontou-se para a situação em que a cobertura florestal (floresta ombrófila e Floresta com Babaçu) se encontra. O maior fragmento florestal possui mais de 170.000 hectares e é parte da Terra Indígena Araribóia e o segundo maior fragmento tem um pouco mais de 6.200 hectares. Tamanha diferença pode ser atribuída ao fato da Terra Indígena ser uma área protegida e monitorada pelos próprios indígenas. A ausência de áreas protegidas, a dinâmica de uso do solo e a extração de recursos madeiros implicam em um estado de conservação muito crítico, chegando a aproximadamente 30% de cobertura florestal, considerado como o limiar do aumento abrupto da perda de biodiversidade, e assim, comprometendo a qualidade do ambiente e dos recursos naturais.

A fragmentação também é evidente em toda a região, onde foi constatada a presença de 5045 manchas de diversos tamanhos. A região norte proporcionalmente apresenta a menor quantidade de manchas de floresta e aparenta ser a mais crítica para a conservação da vida, pois não possui nenhuma área acima de 2.500 hectares, tem a menor cobertura florestal e a sede do município mais populoso. Esses impactos ocasionam uma série de consequências negativas para a biodiversidade.

A sub-bacia precisa de um gerenciamento integrado para que as condições mínimas de qualidade ambiental sejam resgatadas. A estratégia de divisão da sub-bacia em porções menores visa facilitar o processo de gestão e tomada de decisão. Neste estudo foi proposta a divisão em quatro regiões delimitadas pelas bacias de quinta ordem. O município de Santa Luzia seria o aglutinador para um processo de gestão integrada. A avaliação da estrutura da paisagem para cada um das regiões dá indicativos de algumas ações emergenciais, como a ampliação da conectividade e restauração da cobertura florestal, já que as florestas são reguladores dos ciclos hidrológicos e contribuem para a qualidade dos corpos hídricos.

O mapeamento realizado contribui para o Plano de Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas indicando áreas onde há florestas conservadas e onde a vegetação está degradada, necessitando de intervenção do poder público para a sua recuperação. Também permite aos gestores uma visão mais holística da situação, onde a floresta está rodeada por uma matriz altamente degradada ou não. Com o tempo espera-se que o Estado cumpra a meta proposta de redução do desmatamento em 80% através da implantação, manutenção e acompanhamento dos indicadores dos projetos associados, como o ordenamento territorial, a gestão de áreas protegidas, controle de queimadas, aumento da fiscalização e a regularização da bacia hidrográfica.

É recomendável que se estabeleçam outras áreas protegidas (terras indígenas ou unidades de conservação) e se aplique as normas ambientais de conservação do ambiente para reduzir a perda de florestas. Também se recomenda o estudo sobre a capacidade de deslocamento da fauna local da Amazônia maranhense para que se possa planejar melhores condições para a conservação dos recursos faunísticos. Também é recomendável o diálogo entre os municípios,

pois as ações dentro de uma bacia repercutem a jusante e, ocasionalmente, a montante, e que as decisões sejam pensadas a partir da realidade local.

Em síntese, o mapeamento realizado contribui por apresentar novos dados a região, mostrando a distribuição espacial dos fragmentos florestais e suas características. O grau de detalhamento dos dados supera o mapeamento realizado anteriormente, favorecendo a gestão da área, onde agora é possível observar quais os locais mais críticos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRÉN, H. Effects of habitat fragmentation on birds and mammals in landscapes with different proportions of suitable habitat: a review. **Oikos**, v. 71, n. 3, p. 355-366, 1994.

ARAUJO, E. P.; LOPES, J. R.; CARVALHO FILHO, R. Aspectos socioeconômicos e de evolução do desmatamento na Amazônia maranhense. In: MARTINS, M. B.; OLIVEIRA, T. G. (Org.). **Amazônia Maranhense: diversidade e conservação**. Belém: MPEG, 2011. p. 35-44

AWADE, M.; METZGER, J.P. Using gap-crossing capacity to evaluate functional connectivity of two Atlantic Rainforest birds and their response to fragmentation. **Austral Ecology**, v. 33, p. 863-871, 2008.

BARRETO L. N. et al. Exploring effective conservation networks based on multi-scale planning unit analysis. A case study of the Balsas sub-basin, Maranhão State, Brazil. **Ecological Indicators**, v. 10 p. 1055-1063, 2010

BARRETO, L. N.; RIBEIRO, L. E de S.; NASCIMENTO, M. C. Caracterização da herpetofauna da Amazônia do Maranhão. In: MARTINS, M. B.; OLIVEIRA, T. G. (Org.). **Amazônia Maranhense: diversidade e conservação**. Belém: MPEG, 2011. p. 205-217

BRITO, P. de L. **Subsídios para a conservação e planejamento territorial da sub-bacia Zutuia, Maranhão, Brasil**. 2011. Dissertação (Mestrado em Sustentabilidade de Ecossistemas) – Universidade Federal do Maranhão, São Luis.

CELENTANO, D.; VERÍSSIMO, J. **A Amazônia e os objetivos do milênio**. Belém: Ed. Imazon, 2007.

DIXO, M.; et al. Habitat fragmentation reduces genetic diversity and connectivity among toad populations in the Brazilian Atlantic Coastal Forest. **Biological Conservation**, v. 12, n. 8, p. 1560-1569, ago. 2009.

HANSBAUER, M.M. et al. Comparative range use by three Atlantic Forest understorey bird species in relation to forest fragmentation. **Journal of Tropical Ecology**, v. 24, p. 291-299, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE ESTATÍSTICA E GEOGRAFIA. **XII Censo demográfico**, 2010b. Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 7 dez. 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E TURISMO DO MARANHÃO. **Diagnóstico dos Principais Problemas Ambientais do Estado do Maranhão**. São Luís: Lithograf, 1991.

INSTITUTO MARANHENSE DE ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS E CARTOGRÁFICOS. **Anuário Estatístico do Maranhão**. V. 1 (1968). São Luís: IMESC, 2010.

LAURENCE, W. F. et al. Rain forest fragmentation and the dynamics of amazonian tree communities. **Ecology**, v. 79 n. 6, p. 2032-2040, 1998

- MADSEN, T.; STILLE, B; SHINE, R. Inbreeding depression in a isolated population of adders *Vipera berus*. **Biological Conservation**, v.75, p. 113-118, 1996.
- MOURA, W. C. de et al. A Reserva Biológica do Gurupi como instrumento de conservação da natureza na Amazônia Oriental. In: MARTINS, M. B.; OLIVEIRA, T. G. (Org.). **Amazônia Maranhense: diversidade e conservação**. Belém: MPEG, 2011. cap. 25-31
- OLIFIERS, N.; CERQUEIRA, R. Fragmentação de habitat: efeito histórico e ecológicos. In: ROCHA, C.F.D. et al. **Biologia da Conservação: essências**. São Carlos: RiMa, 2006. p. 261-279.
- OLIVEIRA, J. C. de; SILVA, J. M. F. da. Influência da segmentação no processo de classificação por região. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. p. 4209-4216.
- PIRES, A.S. et al. Frequency of movements of small mammals among Atlantic Coastal Forest fragments in Brazil. **Biological Conservation**, 108, p. 229-237, 2002.
- PIRES, A. S., FERNANDEZ, F. A. S., BARROS, C. S. Vivendo em um mundo em pedaços: efeitos da fragmentação florestal sobre comunidades e populações animais. In: ROCHA, C.F.D. et al. **Biologia da Conservação: essências**. São Carlos: RiMa, 2006. p.231-260.
- RIBEIRO, M. C. et al. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, v. 142, n. 6, p. 1141-1153, jun. 2009.
- SILVA, M. R. da. **Distribuição do babaçu e sua relação com os fatores geoambientais na bacia do rio Cocal, estado do Tocantins**, 2008. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade de Brasília, Brasília.
- STELLA, A. **Zoneamento geoambiental do estado do maranhão**: Diretrizes gerais para a ordenação territorial. Produto 4: síntese do diagnóstico, matriz do plano e contribuições do processo de consulta pública para elaboração do PPCD-MA. In: Plano estadual de prevenção e controle do desmatamento e queimadas no Maranhão PPCDMA. Manuel Lamartin Montes (supervisores de projeto) Autores: Regina C. R. da Costa, Manuel L. Montes, Gailson B. Silva, Enéas G. da Fonseca, Eugênio A. de Lima, Antonios L. B. da Fonseca. Ministério de Planejamento, Orçamento e Coordenação e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Brasília. Junho 2011.
- UEZU, A.; METZGER, J.P.; VIELLIARD, J.M.E. Effects of structural and functional connectivity and patch size on the abundance of seven Atlantic Forest bird species. **Biological Conservation**, v. 123, p. 507-519, 2005.
- URBAN, D. L. Modeling ecological processes across scales. **Ecology**, v. 86, n. 8, p. 1996-2006, 2005.



## CAPÍTULO 3

# CONFIGURAÇÃO ESPACIAL DA PAISAGEM E STATUS DE CONSERVAÇÃO DE FRAGMENTOS DE MATAS DE GALERIA NA REGIÃO DA BACIA DO MEARIM – MARANHÃO

Edyane Moraes dos Santos; Larissa Barreto; Milton Cezar Ribeiro;  
Naíla Arraes de Araujo; Denilson da Silva Bezerra.

## INTRODUÇÃO

A fragmentação de habitat muda significativamente a estruturação da paisagem. Alteram o fluxo gênico entre as populações e, portanto, ameaçam a permanência e o número de indivíduos das espécies. Segundo Moilanen & Hanski (2001), a manutenção de uma espécie em uma paisagem fragmentada é então vista como o equilíbrio entre o processo de extinção local, que depende basicamente da área e da qualidade do habitat, e as possibilidades de recolonização, que dependem da conectividade dos fragmentos, ou seja, da capacidade desses fragmentos de receberem fluxos biológicos de fragmentos vizinhos.

A investigação dos efeitos da fragmentação e do isolamento do habitat sobre a permanência das diferentes espécies é hoje um dos temas de grande interesse das disciplinas orientadas à conservação da biodiversidade e à manutenção da integridade da biosfera (HERRMANN, 2011). Com o auxílio da Ecologia de Paisagem torna-se possível caracterizar a configuração da paisagem, detectar e quantificar os padrões espaciais em paisagens heterogêneas, que permitam o posterior entendimento a respeito de como as espécies se concentram, dispersam e interagem (TURNER, 1989).

O enfoque desse estudo são as matas de galerias onde ocorrem os “juçarais”, que são formações vegetais formadas principalmente pela presença dominante da *Euterpe oleracea*, conhecida em todo Brasil popularmente por açai e no Maranhão como juçara. Essa fitofisionomia vegetal é de grande importância para a saúde das Bacias Hidrográficas, uma vez que protegem as nascentes já que a juçara, por sua ecologia só ocorre em áreas alagadas com vazão de água. De acordo com Queiroz & Junior (2001). O açazeiro pode ser apontado como a palmeira de maior importância cultural, econômica e social na Região Norte, sendo encontrado ao longo dos rios, igarapés, baixadas e áreas muito úmidas.

A Juçara (*Euterpe oleracea* Mart., Palmae), planta perenifólia, pioneira e higrófito, de crescimento rápido, é uma espécie vegetal frequentemente presente nas matas ciliares dos lagos, rios, riachos e nascentes, constituindo, pois, uma espécie de importância ecológica elevada, na função de proteção. Por outro lado, os produtos derivados do extrativismo da Juçara ocupam lugar de destaque na economia dos locais onde a palmeira ocorre pela produção de frutos e palmito. Pelo lado social, os frutos produzidos pelos juçarais são de grande importância para a subsistência de muitas populações nas áreas de ocorrência da espécie, pelo alimento que proporcionam e pela sua comercialização. Em muitas áreas da Amazônia, os frutos fazem parte da dieta de uma grande proporção dos habitantes. (CALZAVARA, 1987; PINHEIRO, 2013).

As maiores áreas ocupadas com essa espécie, porém, encontram-se na Amazônia Oriental brasileira, mas precisamente na região do estuário do rio Amazonas, considerada como seu centro de origem e onde encontram-se densas e diversificadas populações ocupando, com maior frequência, terrenos que, em função do fluxo e refluxo das marés, estão submetidos à inundações periódicas. É também encontrado em áreas permanentemente alagadas e em terra firme (CAVALCANTE, 1991), embora em densidades bem menores.

Na região Amazônica, o açazeiro flora e frutifica praticamente durante todo o ano. Porém, os picos de floração e frutificação ocorrem com maior frequência, nos períodos de janeiro a maio e setembro a dezembro, respectivamente. O período de floração mais intensa coincide com a época de maior precipitação de chuvas, enquanto o de frutificação predomina na época mais seca do ano (CALZAVARA, 1972; OLIVEIRA & FERNANDES, 1993).

Para o Maranhão, os estudos de Ecologia da Paisagem são escassos e podem servir de alicerce para o monitoramento de áreas, principalmente ao que se refere à perda de habitats. Segundo a Seplan (2009) um dos indicadores que mais afetam o Estado do Maranhão é o desmatamento, que está presente em 48% dos municípios. A degradação da mata ciliar ocupa

o segundo lugar em quantidade de municípios, cerca de 40%. Ambos podem desencadear outro indicador que é a erosão ou desgaste e deslocamento de partículas das encostas, ao contribuírem para o processo de assoreamento, resultam na perda de navegabilidade, redução da correnteza, redução na quantidade, diversidade e qualidade do pescado e pode causar a degradação irreversível dos cursos d'água. Dessa forma, um estudo voltado para áreas de matas de galeria, na região da Baixada Maranhense, tendo como espécie chave a *E. oleracea*, serve para se entender como a estrutura da paisagem influencia na dinâmica biológica entre populações de espécies vegetais.

Assim sendo, os estudos espaciais tem como enfoque a averiguação da configuração da paisagem e principalmente no que se refere, para este estudo, a integração da sustentabilidade ambiental com a visão da ecologia da paisagem. Para trabalhos em ecologia da paisagem na região da Baixada Maranhense, faltam dados para que possam ser comparados a evolução temporal dessas áreas e que possibilitem a avaliação da perda de habitats ao longo dos anos.

Diante disso, esse estudo irá verificar os efeitos do uso e ocupação da terra da região da Baixada Maranhense, na região da Amazônia, sobre as matas de galerias, em uma paisagem com predominância de juçarais (*Euterpe oleracea*) em três municípios maranhenses: Viana, Penalva e Matinha. Será avaliada a distribuição espacial dos vários tipos de cobertura natural existentes na área, assim como o status de conservação dessa paisagem para a manutenção das matas de galeria e da Bacia do Mearim na Amazônia do Maranhão.

O Estado do Maranhão carece de estudos que caracterizem a situação atual dos Biomas presentes em seu território. É sabido que uma boa parte da pré-Amazônia Maranhense, local do nosso estudo, vem sofrendo com o desmatamento e, conseqüentemente, com a perda gradual da sua cobertura vegetal e diminuição da diversidade genética de fauna e flora. Para analisar essa perda, estudos são realizados utilizando-se marcadores biológicos como populações animais e vegetais que servem para medir o ganho ou a perda de biodiversidade. Um estudo que detecta a diminuição de uma determinada população dentro de um ecossistema, como a Genética da Paisagem, pode servir de indicador para direcionamento de áreas prioritárias de conservação.

## OBJETIVOS

- 1) Caracterizar e quantificar a cobertura natural em uma paisagem onde ocorre mata de galeria na Baixada Maranhense;
- 2) Analisar a distribuição de classes de tamanho da mata de galeria na região;
- 3) Quantificar a porcentagem de mata de galeria e cobertura natural para uma escala fina (240 m em torno de cada posição na paisagem), simulando a disponibilidade de habitat para espécies frugívoras com baixa capacidade de dispersão;
- 4) Mensurar a conectividade funcional, em porcentagem de habitat natural no raio de 600m em torno dos pontos amostrais, simulando a acessibilidade de habitat para espécies frugívoras com alta capacidade de dispersão;
- 5) Caracterizar a conectividade funcional das matas de galeria nas escalas de 250 e 500m para verificação dos tipos de matrizes presentes ao redor dos remanescentes que favorecem diferentes tipos de dispersores.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Caracterização da área de estudo

A Bacia Hidrográfica do Mearim ocupa uma considerável área da região centro-norte, compreendendo uma área de 94.710 km<sup>2</sup>, o que corresponde a 17,3% das terras do Maranhão, constituindo a maior bacia fluvial inteiramente maranhense (MARANHÃO, 2000). As terras que margeiam nesse percurso o Mearim formam a Baixada Maranhense, região que sofre inundações no período chuvoso, de janeiro a junho (SOARES, 2013). Possui como principais rios o Mearim, Pindaré, Grajaú, Flores e Corda.

A Baixada Maranhense está localizada a leste da Ilha de São Luís, no norte do Estado do Maranhão (1°59'S – 4°00'S e 44°21'W – 45°33'W), limitando-se ao norte com a região do Litoral e o Oceano Atlântico, ao sul com a região dos Cocais, a leste com a região da Pré-Amazônia e a oeste com o Cerrado (MMA, 2006). Na regionalização da Sudema (1970), a região ecológica da Baixada Maranhense é descrita como uma região de origem geológica recente, mal drenada, sujeita a inundações periódicas, sofrendo influência da água salgada em vários pontos. A região de estudo, encontra-se dentro do domínio da Pré-Amazônia, localizado na porção oriental do Estado, a oeste do meridiano 44°W. Na pré-Amazônia há vários tipos de formações fitogeográficas com predominância de Floresta Ombrófila Densa e Floresta Estacional Decidual. Há a presença de formações vegetais pioneiras e de Contato Savana- Floresta Estacional (SEPLAN, 2009).

## Definição da paisagem e seleção dos pontos de amostragem

As áreas de coleta foram marcadas com GPS para a realização de estudo de paisagem, com objetivo de identificar os principais usos de cobertura e uso do solo. Dessa forma, foram coletadas amostras nas cidades de Viana, Penalva e Matinha, cidades da região da Baixada Maranhense.

Foram realizadas visitas na área para reconhecimento do campo e definição dos pontos de amostragem da juçara. Foi escolhida uma paisagem onde foram amostrados 22 fragmentos de mata galeria e onde as coletas do material biológico foram feitas. A escolha buscou garantir que ao final tivéssemos um gradiente de proporção de cobertura natural (>5% até 70%), e com diferentes padrões de conectividade e organização espacial dos remanescentes. A justificativa para a escolha de gradientes de paisagem (>5% até 70%) refere-se aos diferentes efeitos biológicos que pode provocar as diferentes porcentagens de vegetação nos fragmentos. As diferentes porcentagens de habitat nos fragmentos servem para medir o limiar de fragmentação das áreas e suas consequências sobre a comunidade biótica. O limiar de percolação é a quantidade mínima de habitat necessária numa determinada paisagem para que uma espécie, que não tem capacidade de sair do seu habitat, possa cruzar a paisagem de uma ponta a outra (METZGER, 2010). Segundo esse mesmo autor, há uma perda brusca no tamanho médio dos fragmentos por volta de 70 a 80% de habitat remanescente, além do esperado aumento do isolamento, da fragmentação e redução da conectividade para valores intermediários (30 a 60%). Todas essas modificações levam a uma redução na capacidade da paisagem de sustentar diversidade biológica. Dessa forma, verificar as modificações biológicas ocorrem nas espécies, faz-se necessário escolher uma paisagem heterogênea com porcentagens diferentes de cobertura vegetal.

Entretanto, somente após coletadas as amostras é que tais quantificações foram realizadas com maior precisão (escala 1:5.000), sendo os valores ajustados de acordo com a realidade. Para cada ponto amostral foi definida uma paisagem com raio de 1.000 m. Este valor foi definido com base em estudos anteriores que sugerem que aves florestais são melhores explicados pela estrutura da paisagem no raio de 600 a 1000 m (ver BOSCOLO & METZGER, 2009). A paisagem selecionada foi visitada para certificar que os padrões de cobertura da vegetação e de uso e ocupação da terra e para as coletas de plântulas de *Euterpe oleracea* para os estudos genéticos.

## Mapeamento da cobertura natural, uso e ocupação da terra

A partir das paisagens definidas pela área de 1000 m no entorno dos 22 pontos amostrais foi definida a região de mapeamento, a qual cobre uma área de 21.000 ha. O programa Quantum Gis ou QGIS (versão 1.8.0 - SHERMAN et al., 2011), e seu complemento Open Layer foram utilizados na etapa de mapeamento. O complemento acima permite conectar automaticamente ao Google Earth, e visualizar imagens de alta resolução, quando disponível, diretamente no QGIS. As imagens de alta resolução do Google Earth que foram utilizadas no mapeamento são do início do ano de 2013. Para a área estudada em todas as porções havia imagens de alta resolução (1 x 1 m), e com baixíssima (<5%) cobertura por nuvens. A escala de mapeamento foi 1:5.000 definida diretamente no QGIS. O mapeamento foi realizado manualmente, onde com auxílio de polígonos definindo a área de interesse eram construídos vetores delimitando as feições de interesse. A Figura 1 apresenta a localização dos 22 pontos amostrais, bem como o mapa de cobertura vegetal, uso e ocupação do solo na área estudada com o intuito de caracterização de paisagens com a finalidade de subsidiar tanto a quantificação da estrutura da paisagem, como estimar a contribuição relativa de parâmetros da paisagem sobre a diversidade genética do açazeiro (*E. oleracea*).

Foram definidas a priori 21 classes de cobertura natural, uso e ocupação da terra (Figura 1). Tais classes foram definidas como Categoria 1 de mapeamento (i.e. nível mais detalhado de mapeamento). Com base nessas classes, e com o objetivo de subsidiar as análises, posteriores,

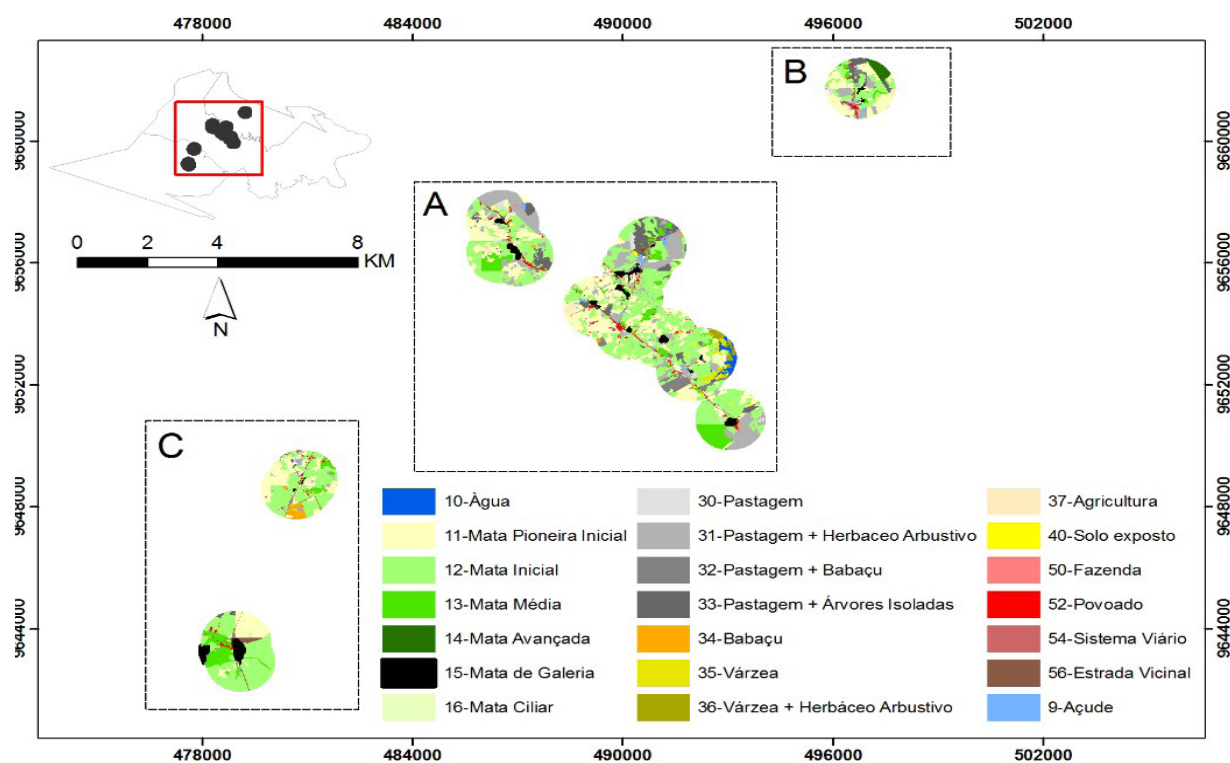


as mesmas foram agrupadas de acordo com a semelhança estrutural da classe, o que resultou na Categoria 2 de mapeamento, a qual contemplou apenas sete classes reclassificadas à partir das 21 classes originais. Por fim, gerou-se uma última reclassificação (Categoria 3), na qual as classes foram agrupadas em habitat (todas as classes naturais) e matriz (todas as classes antrópicas). Este tipo de procedimento tem sido utilizado em outros estudos da paisagem (Ver TEIXEIRA et al. 2009) de acordo com o objetivo do estudo, ou mesmo fase de análise. A Tabela 1 apresenta as classes consideradas em cada categoria de mapeamento.

**Tabela 1:** Classes de cobertura vegetal e uso do solo para paisagens nos municípios de Viana, Penalva e Matinha, Bacia do Mearim, Maranhão. As classes foram definidas segundo três categorias: Categoria 1 = nível mais detalhado da classificação; Categoria 2: foram agrupadas classes semelhantes de cobertura florestal ou de matrizes; Categoria 3: classificação em habitat e matriz (tipos de uso do solo).

Categoria 1		Categoria 2		Categoria 3	
ID	Descrição	ID	Descrição	ID	Descrição
09	Açude	09	Água	1	Habitat
10	Água	11	Área florestal	2	Matriz
11	Mata pioneira/inicial	30	Pastagem		
12	Mata inicial	35	Várzea		
13	Mata média	37	Agricultura		
14	Mata avançada	52	Povoado		
15	Mata de galeria	54	Sistema viário		
16	Mata ciliar				
30	Pastagem				
31	Pastagem + herbáceo arbustivo				
32	Pastagem + babaçu				
33	Pastagem + árvores isoladas				
34	Babaçu				
35	Várzea				
36	Várzea + herbáceo arbustivo				
37	Agricultura				
40	Solo exposto				
50	Fazenda				
52	Povoado				
54	Sistema viário				
56	Estrada vicinal				

**Figura 1:** Cobertura vegetal, uso e ocupação da terra nos municípios de Viana, Penalva e Matinha, Bacia do Mearim, Maranhão, Brasil. A, B e C correspondem aos buffer's do qual os fragmentos foram mapeados para melhor visualização, já que a área é muito extensa.



### Distribuição da mata galeria e estrutura da paisagem

A partir do mapa de cobertura vegetal, uso e ocupação da terra, foram calculadas métricas de paisagem para a classe mata de galeria e para a cobertura natural (vegetação inicial/pioneira, vegetação inicial, vegetação média e vegetação avançada). Também foram quantificadas a área em ha e a porcentagem para cada classe, e para os 3 níveis de categoria (1, 2 e 3). As métricas de paisagem foram definidas de forma a permitir a caracterização da cobertura e estado de conservação da área e das matas de galeria, como também por apresentarem importância ecológica para estudos de sustentabilidade, biodiversidade e genética da paisagem. A seguir estão apresentados os grupos de métricas, bem como sua justificativa.

A) Área de cobertura e porcentagem: para cada classe e para cada categoria (1, 2 e 3) foram estimadas a área em ha, bem como sua porcentagem, pra fins de caracterização da região estudada. É uma das métricas essenciais para qualquer caracterização ambiental no delineamento de estratégias de conservação; B) Distribuição de tamanho das matas de galeria. Após mapear e calcular a área de cada remanescente, os mesmos foram (1) classificados em classes de tamanho para caracterizar toda a área de estudo e (2) para caracterizar os fragmentos específicos de mata galeria onde as amostras de juçara foram realizadas. Para caracterizar a área como um todo, os remanescentes foram classificados em: a) <0,5 ha, b) 0,5 a 1 ha, c) 1 a 2 ha, d) 2 a 5 ha, e) 5 a 15 ha e f) 15 a 25 ha. A caracterização dos pontos amostrais da juçara foi feita a partir da frequência de pontos para as mesmas classes de tamanho; C) Quantidade de mata galeria na escala de 240 m: refere-se a estimativa de quanto de mata galeria foi encontrada no raio de 240 m (i.e. escala fina), em torno do ponto de amostragem do juçara. Essa escala refere-se a quantidade potencial de mata galeria que estaria disponível para organismos, em especial espécies frugívoras, que são mais dependentes deste tipo de ambiente, porém considerando que tais frugívoros tem baixa capacidade de dispersão (Ver BOSCOLO & METZGER, 2009); D) Quantidade de vegetação

natural na escala de 240 m: refere-se estimativa de quanto de habitat (soma dos diferentes ambientes naturais) foi encontrado no raio de 240 m (i.e. escala fina), em torno do ponto de amostragem da juçara. Essa escala refere-se a quantidade potencial de vegetação natural que estaria disponível para espécies frugívoras que são mais dependentes da vegetação, e que evitam áreas abertas, porém considerando que tais frugívoros tem baixa capacidade de dispersão (Ver BOSCOLO e METZGER 2009); E) Conectividade funcional (vegetação natural na escala de 600 m): refere-se estimativa de quanto de habitat (soma dos diferentes ambientes naturais) foi encontrado no raio de 600 m (i.e. escala mais ampla), em torno do ponto de amostragem da juçara. Nessa escala pode ser estimado o nível de conservação de uma região mais ampla (i.e contexto espacial regional), sendo um possível indicador de conectividade funcional - ver (FAHRIG, 2013). Essa escala refere-se a quantidade potencial de vegetação natural que estaria funcionalmente disponível ou conectada às espécies frugívoras que são mais dependentes da vegetação, porém considerando que tais frugívoros tem médio grau de mobilidade ou dispersão na região (Ver BOSCOLO e METZGER, 2009); F) Conectividade funcional ao redor das matas de galeria (vegetação natural na escala de 250m e 500m): São escalas que enfocam a polinização e a dispersão de sementes por diferentes organismos, levando-se em consideração a escala mais adequada para espécies de dispersão mais curta e mais longa.

### **Conectividade das matas de galerias e estudo de dispersores**

Para as matas de galeria foram traçados *buffer* de 250m e 500m e 600m para verificar a porcentagem de vegetação ao redor das matas de galeria nessas duas diferentes escalas. Para 600m foi feito o mapa de gradiente de vegetação ao redor das galerias. O estudo de diferentes escalas ao redor de uma vegetação alvo se torna importante quando se estuda a influência da paisagem para diferentes dispersores e polinizadores, pois os mesmos respondem de forma diferente e diferentes escalas. Para as escalas de 250m e 500m foram quantificados as classes de vegetação presentes dentro de cada *buffer*. Dentro de cada *Buffer* foi somado a área de cada classe para se obter a porcentagem de cobertura de vegetação que pode proporcionar a dispersão de sementes de *E. oleracea* e a polinização, processos esses importantes para a estruturação genética da espécie, aumento da diversidade genética, expansão territorial da espécie e, conseqüentemente da proteção às nascentes d'águas localizadas nos juçarais.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **Cobertura natural e uso e ocupação do solo**

Considerando-se a Categoria 1 do mapeamento, a classe predominante na área de estudo foi a mata inicial, definido como vegetação em estágio inicial de sucessão, cobrindo 37%, seguida da mata pioneira/inicial (23%) e pastagem herbáceo/arbustivo (10%). O predomínio de matas pioneiras/iniciais pode representar uma barreira a determinados dispersores de sementes, principalmente em fragmentos muito isolados. Em estudo de visitantes em açaçais, as principais polinizadoras dos açaçais são uruçú-cinzenta - conhecida como tiúba no Maranhão (*Melipona fasciculata*) e *Trigona pallens* (VENTURIERI & CONTRERA, 2012).

Nossos resultados mostram uma paisagem heterogênea com presença de diversas fitofisiomias e com várias classes categorizadas de uso e ocupação da terra. Apenas 5,4% da área é composta por vegetação média e avançada e de matas ciliares. Já as matas de galeria representam apenas 2,24% do total entre todas as classes de ocupação da terra. Stauffer (1985) em simulações feitas em computador, definiu o limiar de percolação como sendo de 59,28% em

paisagens aleatórias, homogêneas Acima deste valor, o habitat encontra-se ainda mais agrupado, em grandes fragmentos, favorecendo os fluxos biológicos pela paisagem, inclusive de espécies que não se deslocam fora do seu habitat. A teoria da percolação, numa visão biológica, refere-se à quantidade mínima necessária de vegetação pra permitir que uma espécie atravesse entre áreas de fragmentos, quando essa não mova em região de matriz. Para With (2002), a teoria da percolação examina a perda de conectividade num sistema espacialmente estruturado, sendo que, no âmbito desta teoria, conectividade se refere às ligações entre pontos que facilitam a ocorrência de fluxos, através do sistema.

Metzger (2002) afirma que quando a cobertura de vegetação é inferior a 59,28%, há uma queda brusca no tamanho médio dos fragmentos de vegetação e uma perda rápida da conectividade biológica. Esses dados foram rodados para paisagens homogêneas, o que difere dos nossos achados, já que a paisagem caracterizada nesse trabalho é heterogênea, com a maior parte matas de galerias encontram-se isoladas.

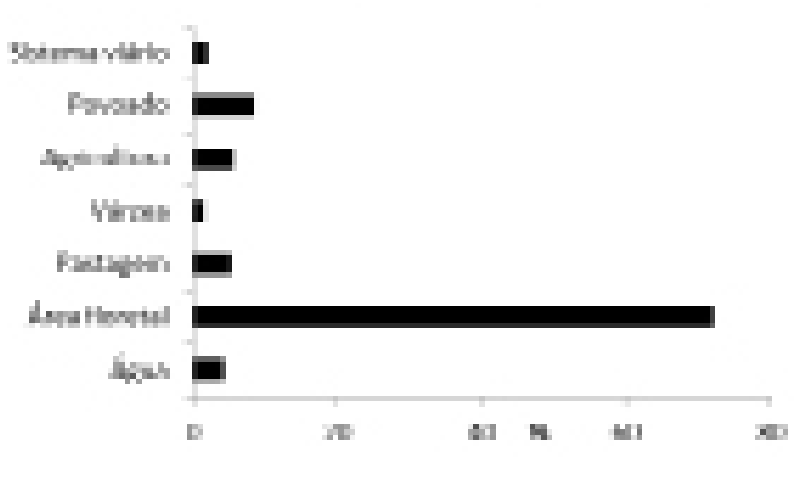
Nos nossos achados, grande parte da vegetação está em processo de regeneração (37,5%). Somando-se a porcentagem de vegetação pioneira/inicial são 60,5% de perda de habitat e de vegetação de grande porte. Oliveira-Filho & Metzger (2006) em estudos considerando três padrões distintos de fragmentação na Amazônia sustentam a ocorrência de mudanças bruscas em valores próximos a 60% de fragmentação.

Observa-se uma perda brusca no tamanho médio dos fragmentos por volta de 70 a 80% de habitat remanescente, além do esperado aumento do isolamento, da fragmentação e redução da conectividade para valores intermediários (30 a 60%). Andrén (1994) e Fahrig (1998) ressaltam que além dos efeitos diretos da perda de habitat, fragmentação do habitat *per se* (ou seja, quebra de habitat, independente da quantidade de habitat) pode afetar a biodiversidade, particularmente em regiões com apenas 20% e 30% de cobertura de vegetação.

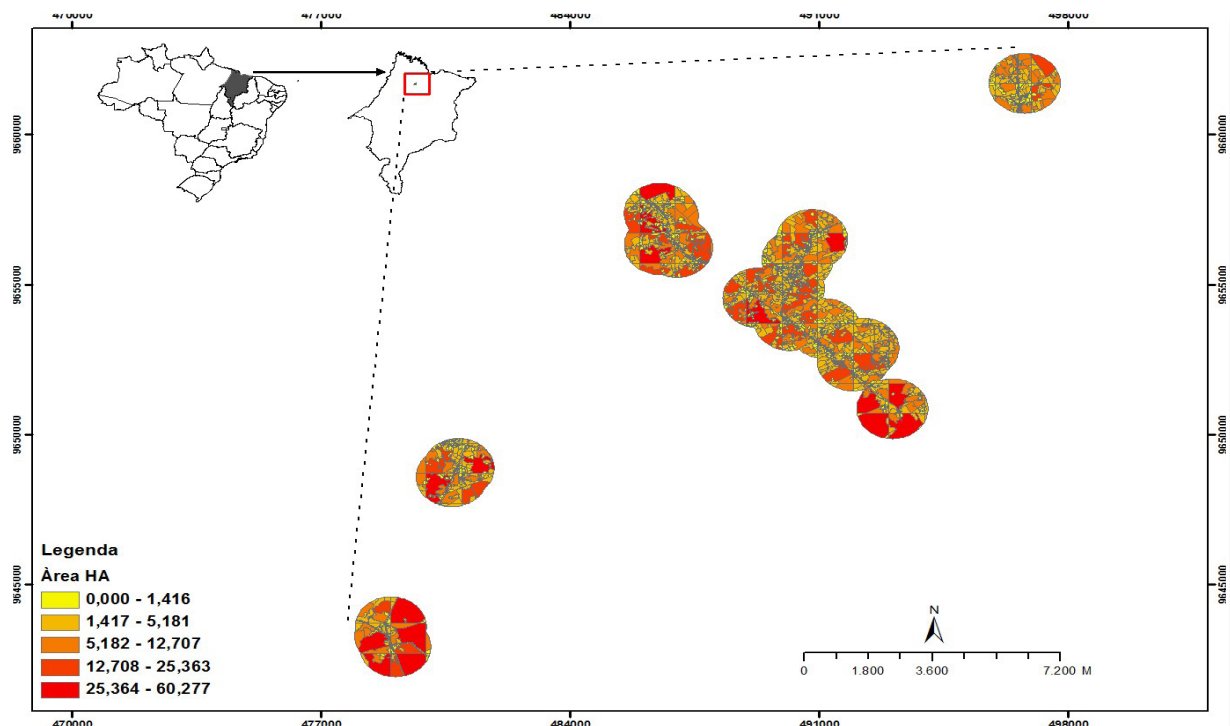
Uma porcentagem maior de vegetação inicial para a Classe 2 (Figura 2; áreas em vermelho) demonstra um acelerado processo de fragmentação na região. Isso é verificado

quando toda a vegetação natural é posto em uma única categoria, denominada Área Florestal. Ao se considerar a Categoria 2, pode ser observado que a cobertura vegetal, independente do grau de conservação e do tipo de ambientes, cobre 69% da região (Gráfico 1).

**Gráfico 1:** Porcentagem das classes do uso e ocupação do solo na Categoria 2 nos municípios Viana, Matinha e Penalva, na região da Baixada Maranhense, Bacia Hidrográfica do Mearim, Maranhão.



**Figura 2:** Tamanho das áreas das diferentes classes de coberturas vegetais e de matriz para caracterização de paisagens para estudo de genética de paisagem doaçaizeiro (*E.oleracea*), municípios de Viana, Penalva e Matinha, Bacia do Mearim, Maranhão, Brasil.



Esse processo de perda e vegetação e provavelmente de habitat pode ser devido ao sistema de cultivo da população do interior do Maranhão. A roça no toco é uma prática muito utilizada, onde o agricultor queima a área que receberá o cultivo e após a colheita a área é abandonada para dar lugar à regeneração natural. Apenas 4,06% e 0,15% da área em estudo é composta por vegetação média e avançada, respectivamente. Para Metzger (2002), na Amazônia, onde temos um vasto patrimônio biológico e genético ainda pouco conhecido, e relativamente conservado, dever-se-ia manter paisagens com pelo menos 60% de cobertura ou de preferência com mais de 70%, para se evitar os efeitos iniciais da redução brusca do tamanho dos fragmentos.

As formações pioneiras também podem representar uma barreira para polinizadores. No caso do principal polinizador da juçara, a abelha *Melipona compressipes fasciculata* (tiúba), áreas muito abertas, com grande incidência de vento, dificultaria o deslocamento até o fragmento de juçaral mais próximo, uma vez que os meliponíneos tem capacidade de vôo de no máximo 600 m, para operárias de *Melipona subnitida* (Nogueira-Neto, 1997) e paramachos de *Melipona scutellaris* o alcance de vôo é de cerca de 800 metros (CARVALHO- ZILSE & KERR, 2004).

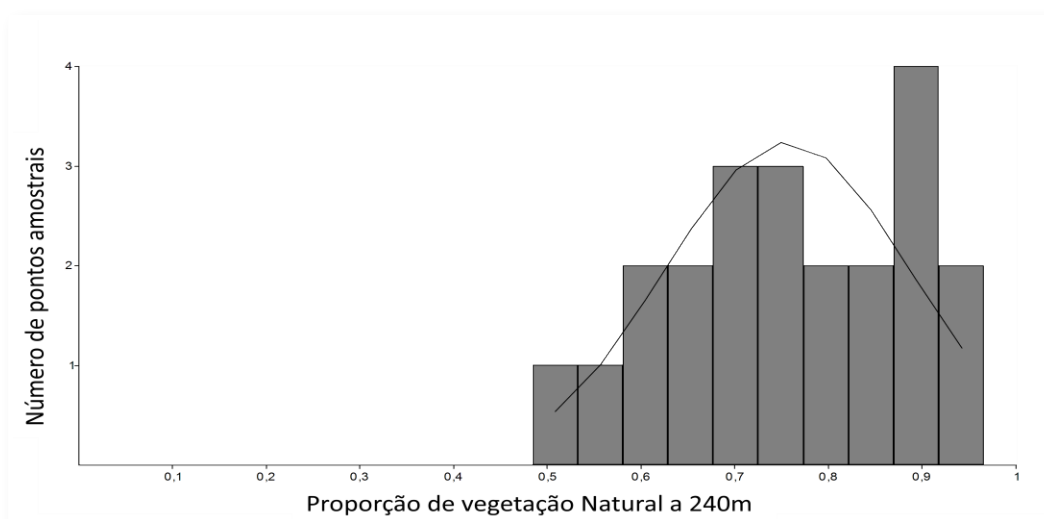
### Cobertura vegetal natural

Ao se analisar a distribuição de tamanho da vegetação natural, (ver Categoria 2) em toda a paisagem, observa-se uma distribuição relativamente uniforme para as diversas classes de tamanho entre 100 e 500 ha. A classe com < 100 ha possui menor número pontos amostrais. A vegetação natural para a Categoria 2 é a união de toda vegetação natural de ocorrência na área. A presença desse tipo de vegetação direciona para a potencialidade de regeneração natural da área, mas também demonstra a perda recente de vegetação na localidade uma vez que grande parte da vegetação natural presente é composta por vegetação inicial.

Observou-se que grandes áreas de vegetação natural com áreas até 500 ha há predominância da vegetação inicial. Paula *et al.* (2004) refere-se às espécies pioneiras como aquelas que se desenvolvem em clareiras, nas bordas da floresta ou em locais abertos, sendo claramente dependentes de condições de maior luminosidade, não ocorrendo, em geral, no sub-bosque. Sendo assim, essas áreas são propícias para trabalhos de restauração vegetal. VALCARCEL & SILVA (1997) afirmam que o processo de sucessão ecológica inicia-se em áreas disponíveis a colonização, tendo como as espécies colonizadoras as “pioneiras”, espécies dependentes de luz, intolerantes à sombra, possuem crescimento rápido, vida curta, alta dispersão de semente pelo vento e por animais. Para nossos resultados, o fato de existir uma preponderância de vegetação de caráter inicial de sucessão, a recuperação dessa área dependerá muito da capacidade de resiliência, assim como, de trabalhos de recuperação e replantio de espécies nativas. Ao se analisar a classe vegetação natural para a escala de 240 m (Gráfico 2), pode-se observar que a maioria dos pontos amostrais apresentam entre 70 a 90% da área coberta por Vegetação Natural, isto desconsiderando-se tanto o tipo de ambiente como o grau de conservação dos habitats. A Figura 3 apresenta o mapa do gradiente com a quantidade de vegetação natural para a região analisada, no entorno dos pontos amostrais de juçara. A essa

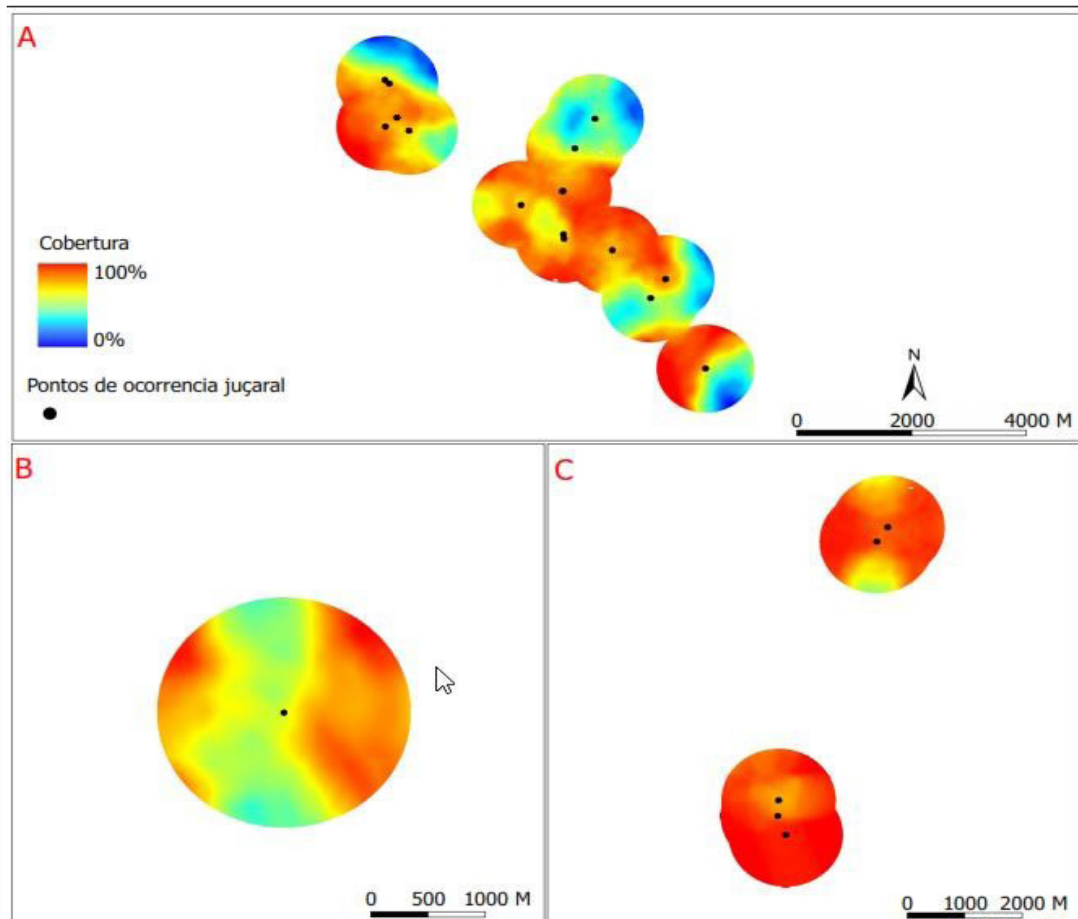
escala, é evidente a perda de vegetação mais robusta assim como, também, a diminuição das matas de galeria. Nessa figura verifica-se que grande parte da vegetação, a essa escala, é predominantemente acima do índice de cobertura vegetal. As cores mais quentes representam a diminuição gradual de vegetação ao redor das galerias.

**Gráfico 2:** Porcentagem de Vegetação Natural na escala de 240 m nos municípios Viana, Penalva e Matinha, da região da Baixada Maranhense, Bacia Hidrográfica do Mearim, Maranhão.



Para a região da Baixada, as áreas de vegetação inicial que dominam a paisagem refletem o tipo de agricultura familiar já bastante estabelecida. O plantio e posterior abandono da área para a plantação do cultivo em outra localidade é uma atividade costumeira. Castellani & Stubblebine, 1993, Sá, 1996, Vieira & Pessoa, 2001 confirmam em seus trabalhos que durante a sucessão secundária em pastagens, uma série de espécies herbáceas autóctones (incluindo gramíneas) estabelecem-se nos primeiros meses após o abandono. Os efeitos destas espécies sobre a regeneração das espécies florestais são ainda muito pouco conhecidos. Donohue *et al.* (2000) relata que muitos desses locais são abandonados após o uso, e passam por vários estágios sucessionais ao longo do tempo, através do processo de sucessão secundária (FINEGAN, 1996).

**Figura 3:** Gradiente de cobertura vegetal de vegetação natural, para a escala de 240 m a partir de cada posição das paisagens onde cores quentes representam maiores coberturas, e cores frias os menores valores. Pontos em preto referem-se a 22 localizações onde foram coletas amostras de açazeiro (*E. oleracea*) para estudo de genética de paisagem, municípios de Viana, Matinha e Penalva, Bacia do Mearim, Maranhão, Brasil. A, B e C correspondem aos buffer's do qual os fragmentos foram mapeados para melhor visualização, já que a área é muito extensa.

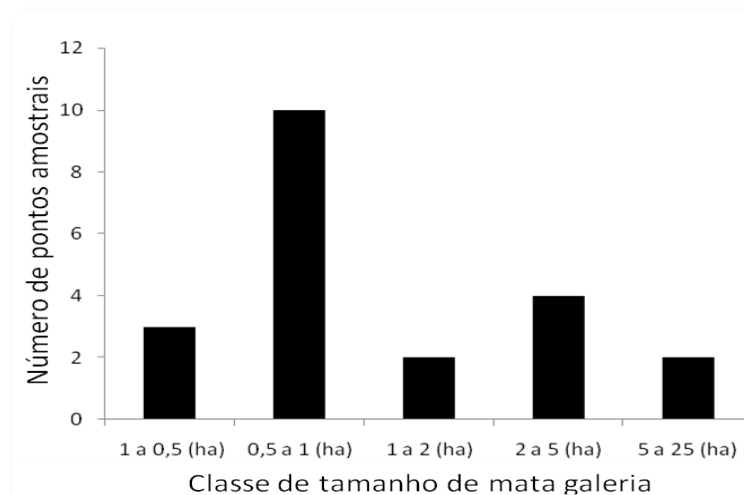


### Tamanho dos fragmentos de matas de galeria

Para as matas de galeria (Gráfico 3) as áreas variaram entre menos 0,5 ha até 25 ha. A maior proporção dos fragmentos possui tamanhos que variam de 0,5 a 1 ha (45%) e de 2 a 5ha (18%). A Figura 4 apresenta a distribuição de tamanho das matas de galeria, bem como as áreas de coberta natural e por matriz. Observamos que a proporção de matas de galeria onde temos um maior número com área é de até 1 ha. Segundo Macgarigal et al., (1995) quanto menor for o tamanho médio dos fragmentos, mais fragmentada é a paisagem. Importantes dispersores, como primatas, pequenos marsupiais e aves de sub-bosque, são sensíveis à fragmentação, desaparecendo de fragmentos menores que 100 ha (LAURANCE, 1991, LAURANCE et al. 2002). As Matas de Galeria são biologicamente diversas (FELFILI, 1995)

e, juntamente com outras comunidades vegetais de habitats ripários, estão entre os ecossistemas mais ameaçados no mundo (RADFORD et al., 2008). Grande número destas tem sido perturbadas ou eliminadas para produção de grãos, pecuária, extração madeireira e outros usos. Dados da UNESCO (2000) e Silva Júnior et al (2001) as perdas nas áreas de mata de galeria chegam a uma taxa em torno de 40%.

**Gráfico 3:** Tamanhos dos fragmentos de mata de galeria dos municípios Viana, Penalva e Matinha da região da Baixada Maranhense, Bacia Hidrográfica do Mearim, Maranhão.



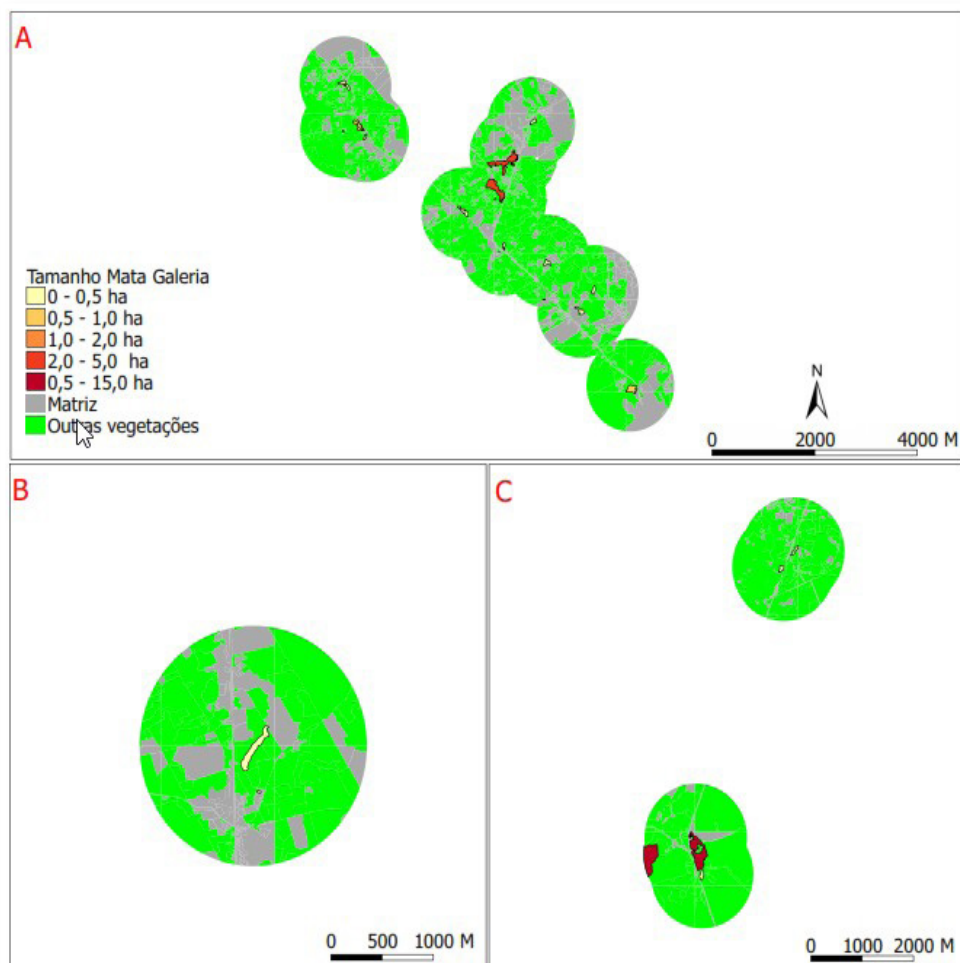
Nossos resultados são similares ao documentado por Andrén (1994). Segundo ele, dos 35 estudos sobre o tamanho dos fragmentos, 57% tinham um tamanho máximo de manchas <100 ha, outros 31% tiveram um máximo entre 100 e 1.000 ha. Em 61% dos estudos as manchas eram muito pequenas (<1 ha).

Observa-se que a proporção de matas de galeria onde temos um maior número com área é de até 1 ha, o que a curto prazo pode influenciar os fluxos biológicos entre os remanescentes dessa vegetação. De acordo com LAURANCE (1991) e LAURANCE et al. (2002), importantes dispersores, como primatas, pequenos marsupiais e aves de sub-bosque, são sensíveis à fragmentação, desaparecendo de fragmentos menores que 100 ha. Cerca de 45% das Galerias desse estudo possuem dimensões que estão muito abaixo do limiar de fragmentação o que pode afetar, a curto prazo a dinâmica entre planta-dispersores da *Euterpe oleracea*, além de torná-las isoladas entre si. O limiar da paisagem pode ser entre 10% e 30% do habitat apropriado restante em paisagem para as aves e os mamíferos. A fragmentação do habitat pode ocorrer diferentes escalas, por exemplo, a escala de indivíduos ou populações (HAILA, 1990). Conforme Metzger (1998), a compreensão da influência da conectividade e da complexidade do mosaico sobre as populações e comunidades fragmentadas é particularmente urgente onde o processo de fragmentação e degradação da cobertura original é intenso e ultrapassa o limiar de 30% de cobertura florestal, proposto por Andrén (1994).

Andrén (1994) afirma que paisagens com uma baixa proporção de habitat original (<20%), com redução neste habitat, irá resultar em um aumento exponencial da distância entre manchas. A teoria da biogeografia de ilhas e da dinâmica de metapopulações assume que subpopulações que vivem em manchas de habitat são relativamente isoladas umas das outras (MACARTHUR & WILSON, 1967; LEVINS, 1969, 1970).

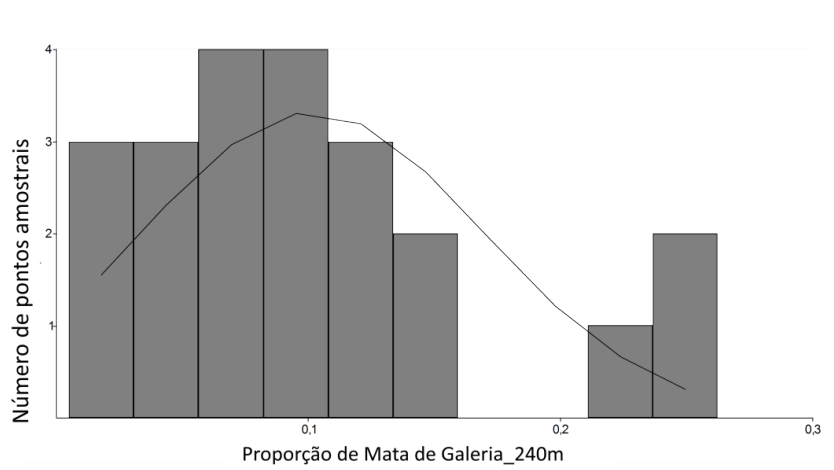


**Figura 4:** Distribuição de tamanho das matas de galeria, áreas de outras coberturas vegetais e de matriz para caracterização de paisagens para estudo de genética de paisagem do açaizeiro (*E.oleracea*), municípios de Viana, Penalva e Matinha, Bacia do Mearim, Maranhão, Brasil. A, B e C correspondem aos buffer's do qual os fragmentos foram mapeados para melhor visualização, já que a área é muito extensa.



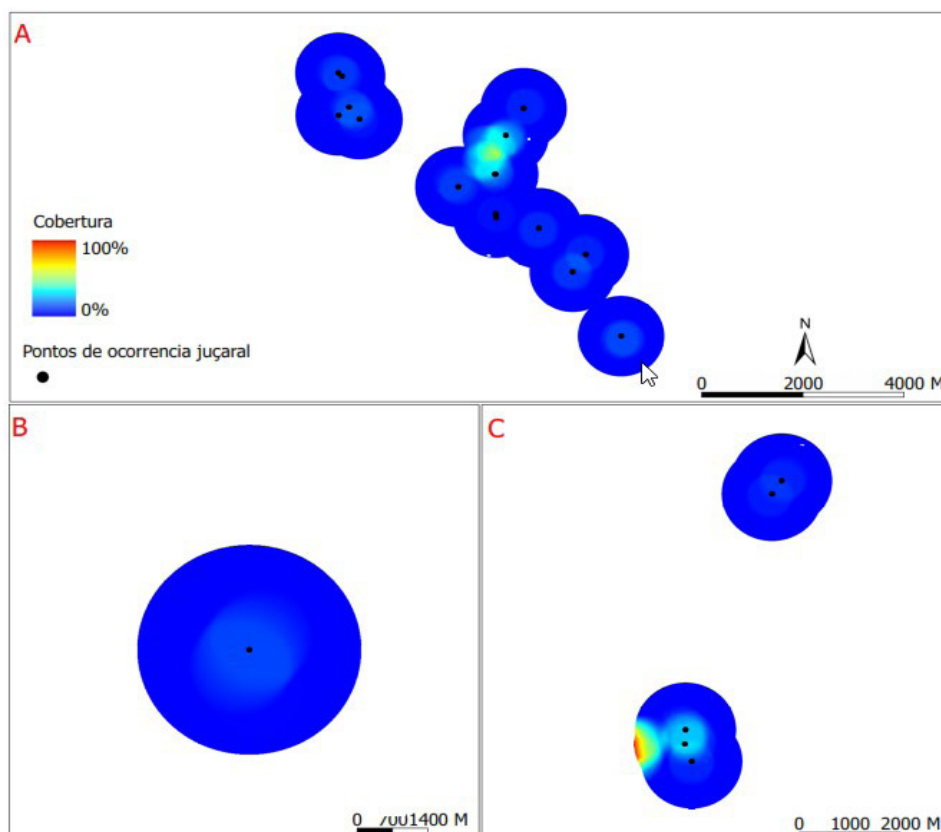
O Gráfico 4 apresenta a distribuição de porcentagem de proporção de mata galeria para os 22 pontos amostrais na escala de 240m. Observou-se que a cobertura média de mata de galeria foi de 10%, ou seja, a maioria dos fragmentos selecionados possuem pequenas dimensões. Rigueira et al. (2013) concluíram que a riqueza de espécies Myrtaceae foi bastante reduzido em paisagens com menor cobertura florestal. Assim, há uma alta probabilidade de um limiar existente entre 25 e 45% da cobertura florestal em nível de paisagem para todas as classes. Não existem dados para *Euterpe oleracea* de limiar de fragmentação em mata de galeria.

**Gráfico 4:** Proporção de Matas de Galeria na escala de 240 m nos municípios Viana, Penalva e Matinha, daregião da Baixada Maranhense, Bacia Hidrográfica do Mearim, Maranhão.



O resultado do mapa de gradiente de cobertura vegetal, para a cobertura de mata galeria na escala de 240 m é apresentado na Figura 5, onde cores mais quentes referem-se a maior quantidade de mata galeria, e cores frias as menores quantidades.

**Figura 5:** Gradiente de cobertura vegetal de matas de galeria, para a escala de 240 m a partir de cada posição das paisagens onde cores quentes representam maiores coberturas, e cores frias os menores valores. Pontos em preto referem-se a 22 localizações onde foram coletas amostras de açaizeiro (*E. oleracea*) para estudo de genética de paisagem, municípios de Viana, Penalva e Matinha, Bacia do Mearim, Maranhão, Brasil. A, B e C correspondem aos buffer's do qual os fragmentos foram mapeados para melhor visualização, já que a área é muito extensa.



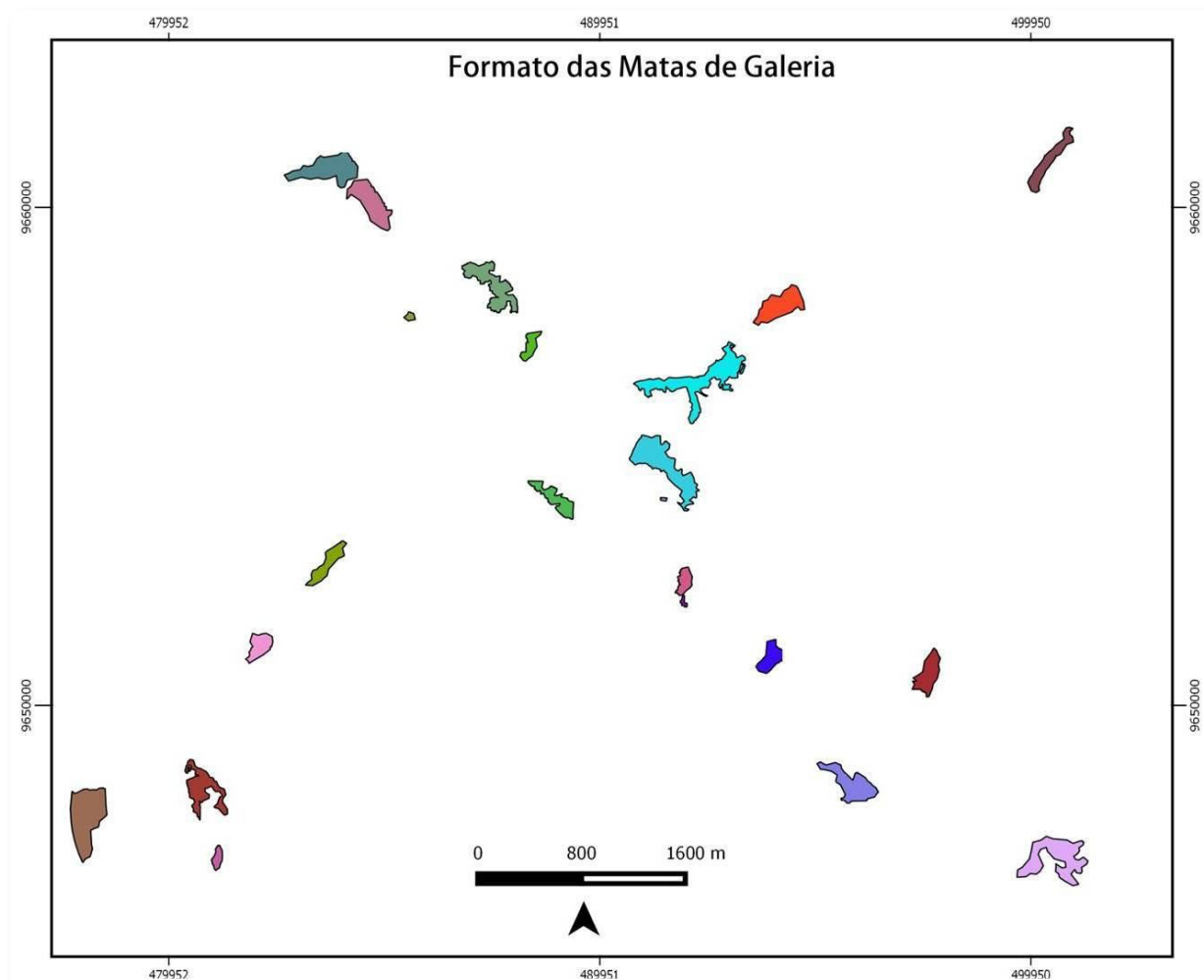
Para o juçarais do Maranhão os nossos dados revelaram que os maiores remanescentes possuem 8.40 ha, 6.01 ha e 7.24 ha e os menores com 0.05 ha, 0.07 ha e 0.11 ha. Isso evidencia a perda de habitat dessa fitofisionomia. Pelo menos para a região da Baixada Maranhense, as manchas de juçarais são pequenos e isolados. O tamanho e o isolamento dos fragmentos é um fator importante para a paisagem. Lovejoy et al. 1984; Kapos(1989) e Laurance et al., (1998) encontraram, na Amazônia, uma intensificação dos efeitos de borda – notadamente a maior mortalidade de árvores – em fragmentos pequenos e isolados, quando comparados à floresta contínua. Isso ocorreu devido à maior quantidade relativa de bordas em fragmentos pequenos e, em relação ao isolamento, devido a mudanças locais no regime hídrico, causadas por alterações no uso das terras no entorno, e que repercutiram em todo o fragmento.

No Maranhão os juçarais representam a principal fitofisionomia que caracterizam as matas de galeria. O fato da maioria dos fragmentos possuírem pequenas dimensões implica diretamente na perda de habitat e ameaça futura ao número efetivo da população e, conseqüentemente, a estruturação genética da espécie. Esse isolamento geográfico é discutido na teoria da biogeografia de ilhas e da dinâmica de metapopulações assume que subpopulações que vivem em manchas de habitat são relativamente isoladas umas das outras.

As matas de galerias são ambientes específicos que ocorrem ao longo de pequenos cursos d'água e/ou nascentes, tratam, portanto, de áreas de APP. Essas áreas são, segundo a Lei Federal 4.771/65 (BRASIL, 1965), áreas protegidas, cobertas ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas. Segundo a resolução do CONAMA nº 303 (2002), 20% das áreas de APP devem ser preservadas.

Quanto ao o formato (Figura 6), a maioria das galerias apresenta formato alongado. O formato alongado de remanescentes é o que possibilita que entre os fragmentos mais próximos possam ficar mais conectados. Forman & Godron (1986) e Odum (1988) relatam que fragmentos com formas mais alongadas tendem a servir como corredores para espécies, e fragmentos com forma mais circular tendem a apresentar uma diversidade de espécies e forrageamento no interior maior.

**Figura 7:** Formato das Matas de Galeria referente a 22 localizações onde foram coletas amostras de açaízeiro (*Eoleracea*) para estudo de genética de paisagem, municípios de Viana, Penalva e Matinha, Bacia do Mearim, Maranhão, Brasil.



A riqueza e a abundância de certas espécies florestais dependem das características estruturais dos fragmentos para existirem (METZGER, 2000). Além do tamanho, a forma dos

fragmentos também influencia o grau do impacto do efeito de borda, incluindo os fluxos bióticos e abióticos (FARINA, 1998).

Em fragmentos florestais de formato quadrado, com efeitos de borda se estendendo até 100m para o seu interior (SCHIERHOLZ, 1991), se estes possuírem 1 ha sofrem o impacto total do efeito de borda, os de 10 ha são atingidos em quase 90% de sua área, os de 100 ha têm 35% da área afetada e mesmo nos de 1000 ha o impacto é de mais de 10% (HERRMANN et al., 2005).

O formato arredondado ou circular apresenta uma baixa razão borda/interior, tendo uma menor fração da área do fragmento que se encontra sob o efeito da borda, ou seja, menor efeito de borda (VIANA, 1990). O formato do fragmento define primordialmente a composição das espécies em seu interior, pois formas isodiamétricas (círculo perfeito) têm uma relação maior de espécies de interior do que aquelas que tendem ao retângulo, que podem chegar ao extremo de possuírem somente espécies de borda (FORMAN & GODRON, 1986).

Dessa forma, apesar da maior parte dos fragmentos selecionados possuem um formato alongado, a distância entre eles é uma barreira ao deslocamento de espécies dispersoras (Dis-

tância entre fragmentos será discutida no segundo capítulo). Segundo Medeiros & Saleh, (2009), formas alongadas estão sujeitas ao efeito de borda.

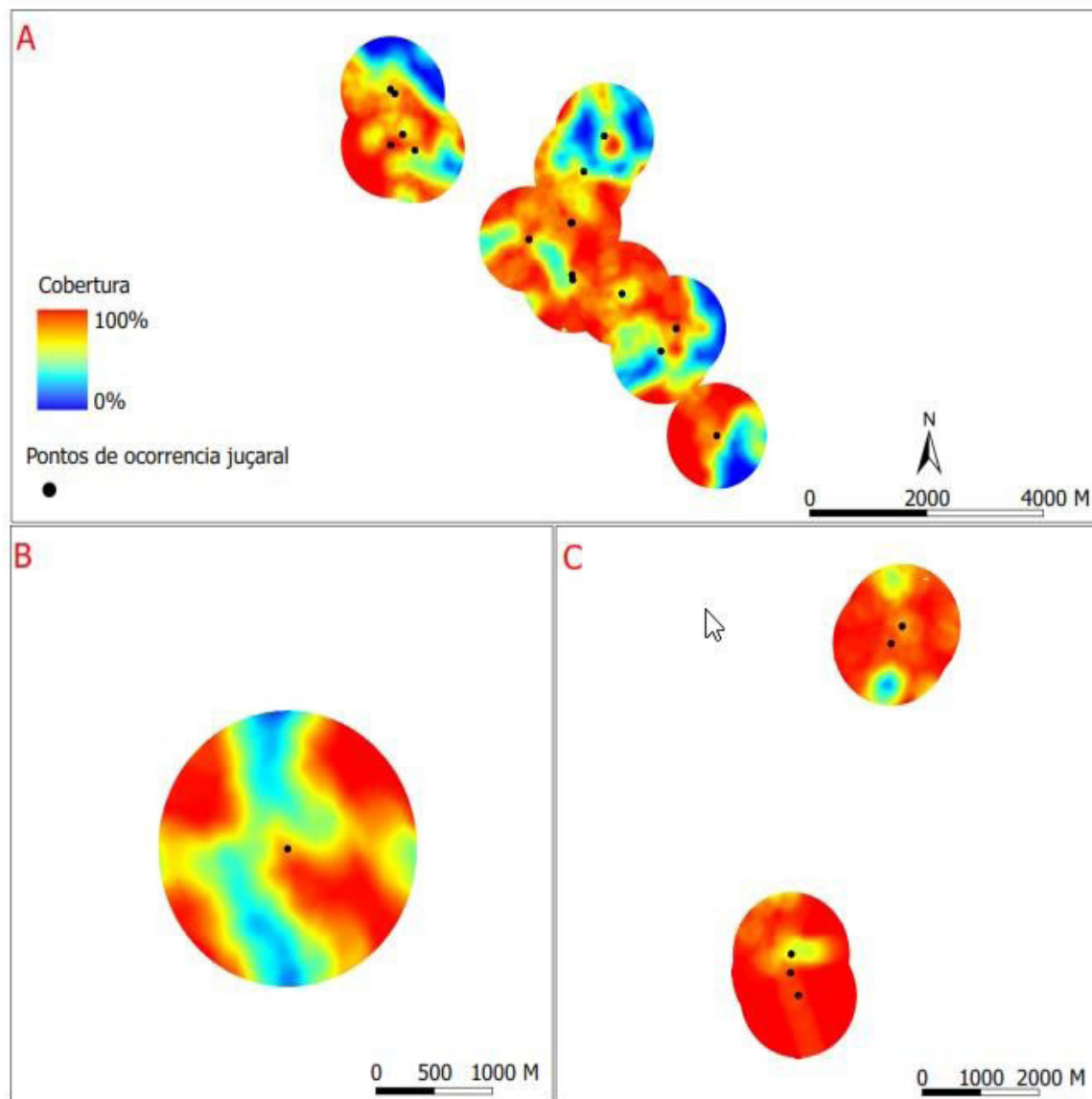
### **Conectividade funcional nas escalas de 600, 250 e 500 m**

Verificamos que mais de 70% da área em torno dos juçarais é composta por vegetação natural (ver Categoria 2) que são áreas de regeneração natural. Para escalas mais amplas, as espécies de aves dispersoras, as variáveis que estão fortemente relacionados com a quantidade de habitat disponível circundante (NEEL, et al., 2004). Algumas espécies de aves não conseguem atravessar áreas de matriz muito abertas, necessitando de poleiros naturais, ou seja, árvores para descanso na travessia entre manchas. Possivelmente, uma área de 70% de regeneração natural não seja propícia a todos os grupos funcionais de dispersores. Isso vai depender de como o dispersor usa a matriz e se ela representa uma área de vida para cada espécie. Áreas em estado de regeneração podem ser ou não usadas como habitat, servindo como abrigo e área de forrageio.

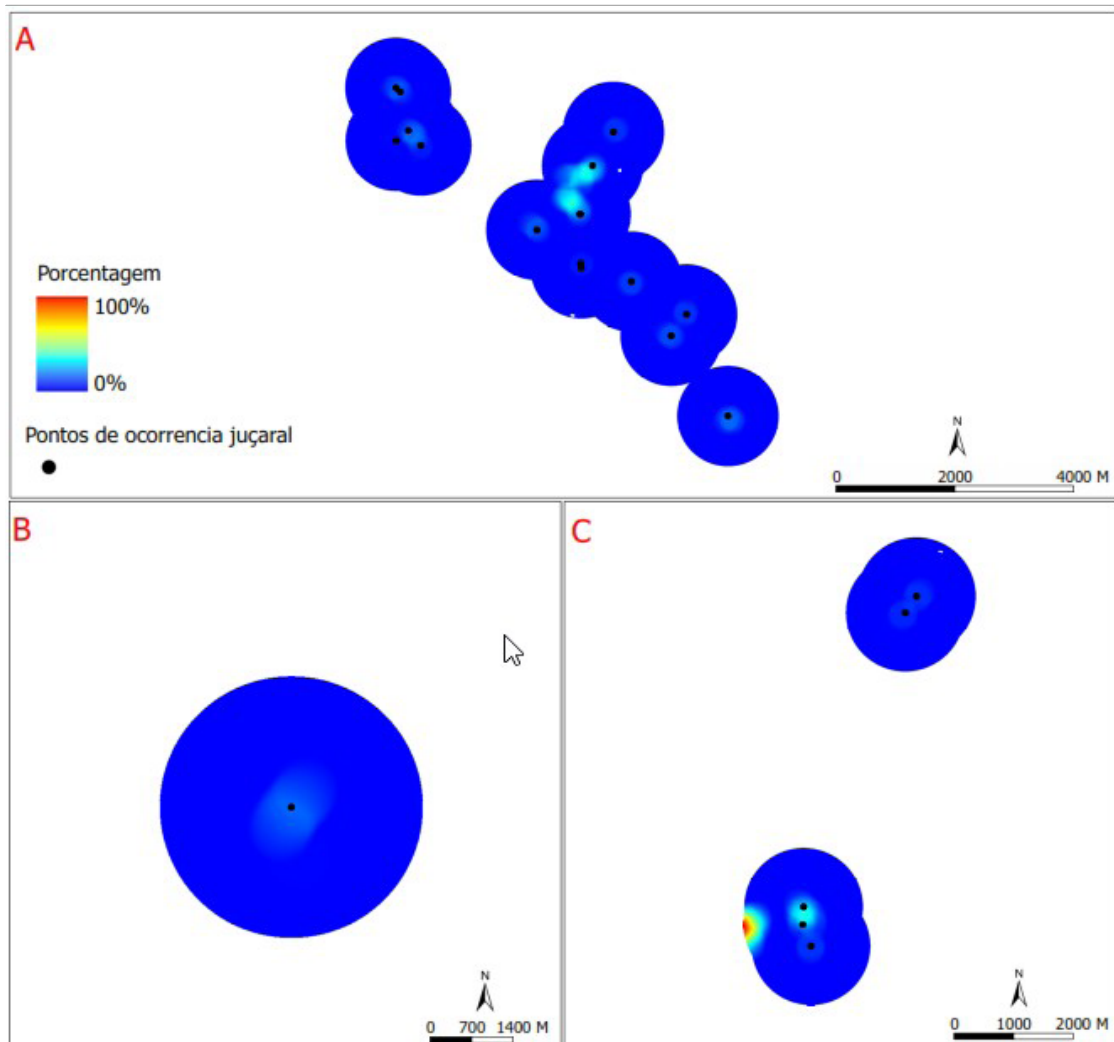
Na figura 7 observamos que existem menores concentrações de vegetação ao redor dos remanescentes, quando se considera um gradiente de vegetação mais conservado ou em estágio mais avançado de regeneração (vegetação média e vegetação avançada). As análises do uso e ocupação do solo mostraram que de toda paisagem, apenas 4,6% e 0,15% é composta por vegetação média e avançada, respectivamente. Na escala de 600m, o gradiente de vegetação ao redor das galerias (Figura 8) de cores quentes indica maior conectividade entre os remanescentes. Para espécies dispersoras como as aves que atravessam escalas maiores que 600m pode-se afirmar que existe uma relativa conectividade entre as manchas, devido a sobreposição entre os buffe's delimitados ao redor das matas de galerias.

Para a escala de 500m existe a predominância da vegetação de mata inicial e mata média, com poucas áreas de mata avançada e mata ciliar. Essa escala, também, pode ser representativo para dispersores de longa distância como aves que podem atravessar diferentes tipos de matrizes com custo energético menor.

**Figura 7:** Conectividade funcional, representada pelo gradiente de cobertura vegetal de vegetação natural, para a escala de 600 m a partir de cada posição das paisagens onde cores quentes representam maiores coberturas, e cores frias os menores valores. Pontos em preto referem-se a 22 localizações onde foram coletadas amostras de açaizeiro (*E. oleracea*) para estudo de genética de paisagem, municípios de Viana, Penalva e Matinha, Bacia do Mearim, Maranhão, Brasil. A, B e C correspondem aos buffer's do qual os fragmentos foram mapeados para melhor visualização, já que a área é muito extensa.



**Figura 8:** Gradiente de cobertura vegetal de matas de galeria, para a escala de 600 m a partir de cada posição das paisagens onde cores quentes representam maiores coberturas, e cores frias os menores valores. Pontos em preto referem-se a 22 localizações onde foram coletas amostras de açaizeiro (*E. oleracea*) para estudo de genética de paisagem, municípios de Viana, Penalva e Matinha, Bacia do Mearim, Maranhão, Brasil. A, B e C correspondem aos buffer's do qual os fragmentos foram mapeados para melhor visualização, já que a área é muito extensa.



Para aves, que são dispersores de longas distâncias, as escalas trabalhadas devem ser mais amplas. Diferentes escalas da paisagem são usadas em análises espaciais para explicar diferentes dispersores de uma mesma espécie vegetal. Segundo Boscolo & Metzger (2011), em estudo de dispersores para a Mata Atlântica, especificamente aves, onde os autores verificaram que a escala de 800 m são escalas ajustadas para as espécies Arapaçu (*Xiphorhynchus fuscus*) e Olho de fogo (*Pyriglena leucoptera*) e a escala de 400m para Tangará (*Chiroxiphia caudata*). Harper (1977) relata que a dispersão de sementes é um processo demográfico chave na vida das plantas por representar a ponte que une a polinização com o recrutamento que levará ao estabelecimento de novas plantas adultas. Existem poucos estudos específicos para dispersores de sementes de açaí, apenas um trabalho de dispersão de várias espécies vegetais da Amazônia Paraense. Gomes (2008) que cita o *Lipaigus vociferans*, *Mionectes macconnelli*, *Turdus albicollis*, *Dixiphia pipra* (passeriformes sem ocorrência para o Maranhão), *Turdus leucomelas*, *Attila spadiceus* e *Trogon rufus* (passeriformes com ocorrência para o Maranhão) e *Trogon rufus* (Trogoniforme com ocorrência para o Maranhão) como espécies dispersoras de *E. oleracea*.

Shanley & Medina (2005) afirma que papagaios, araras, tucanos e jacus são os bichos que mais comem e dispersam sementes de açaí. Para a espécie da Mata Atlântica a dispersão segundo FENNER (1985) e JORDANO (1992) são feitas por espécies como *R. vitellinus* (tucano-de-bico-preto) e *R. dicolorus* (tucano-de-bicoverde), constituem-se em importantes disseminadores de *Euterpe edulis* Mart. (palmito Jussara da Mata Atlântica). Para um estudo na Amazônia realizado pelo Serviço Florestal Brasileiro, *Euterpe precatória* (açaí solteiro) são derrubados das infrutescências por pássaros da família Psittacidae (papagaios, araras) que tem um papel importante na dispersão primária. Como observado por Reis (1995) para *E. edulise* e Kuchmeister et al., (1997) para *E. precatória*, os frutos do Açaí são consumidos por tucanos (Rhamphidae) que regurgitam as sementes logo abaixo da planta mãe ou distante dela e então dispersam as sementes.

A presença de poucas e diminutas áreas de mata média e avançada nas áreas de estudo, pode ser uma barreira para dispersão de sementes por algumas espécies de aves dispersoras de *E. oleracea*. Não existem estudos específicos na literatura de dispersão e frugivoria para açaí. A travessia de matrizes muito grandes, que na nossa área é predominantemente constituída por vegetação inicial, pode representar um fator que impeça a travessia de aves que necessitem de área de descanso, como poleiros naturais. Até o momento não há estudos que caracterizem os dispersores da juçara da Amazônia, com lista de espécies, formas e distância de dispersão.

Bovi & de Castro (1993) sugerem que a dispersão de sementes de *E. oleracea* e *E. precatória* pode ser feita através da água (inundações), principalmente ao longo das margens dos rios. Devido ao isolamento dos fragmentos de matas de galeria desse estudo, a dispersão hidrocórica só será efetiva no período chuvoso, uma vez as inundações que ocorrem nas matas de galeria facilitam a dispersão.

Para *E. oleracea*, essas classes presentes (vegetação pioneira; vegetação de mata média e avançada) na escala de 250m possibilita uma boa mobilidade para espécies de roedores dispersoras de sementes, garantindo o deslocamento nessa matriz, devido a presença de pequenos microhabitats de vegetação baixa que protege o dispersor de possíveis predadores e assim, ele pode atravessar entre matas de galerias. O fruto do açaizeiro é um drupa globosa ou levemente depressa com diâmetro variando entre 1cm e 2 cm, em média 1,5g (CAVALCANTE, 1991; HENDENSON & GALEANO, 1996; OLIVEIRA et al., 1998) e isso, de certa forma, facilita a dispersão por pequenos e médios roedores pelo seu pequeno peso. Pires et al., (2002) diz que o movimento de pequenas espécies de mamíferos na Mata Atlântica variam, entre 50 metros e raramente atingindo 100 metros. Gentile & Cerqueira (1995) e Pires et al., (2002) em estudos de movimentação de espécies de pequenos mamíferos indicam que algumas das espécie de roedores raramente se deslocam mais do que 150m por noite, possuindo pequena capacidade de deslocamento e pequena área de vida. A paisagem com predominância de vegetação pioneira ao redor das galerias é permeável ao deslocamento de pequenos roedores.

Os roedores são o maior grupo de mamíferos consumidores de frutos de palmeiras nas regiões tropicais em termos do número de espécies (ANDREAZZI et al., 2009). Em habitats fragmentados pequenos roedores tendem a ter suas abundâncias aumentadas devido à redução da predação e às suas características bionômicas (VIEIRA et al. 2003). Áreas fragmentadas podem manter elevadas densidades populacionais de pequenos mamíferos também devido à sua alta produtividade, incluindo maior crescimento vegetal (MURCIA, 1995; ASBJORNSEN, et al. 2004) e maior produção de sementes (HERRERA, et al., 1994; GUARIGUATA & SAENZ, 2002). O aumento de roedores em áreas fragmentadas pode ser devido a uma diminuição de predadores naturais, aumentando a populações de roedores. Em contrapartida, há o aumento de predação de sementes, devido à grande disponibilidade de alimento.



Para a espécie estudada, a dispersão possibilita que uma semente de uma determinada população seja transportada por um vetor específico para uma outra população. Um novo indivíduo que brota nessa nova população representa o acréscimo de novos alelos, aumentando a diversidade genética. Na troca de pólen, os alelos são trocados intra e interpopulacional, garantido uma flutuação nas frequências alélicas e genotípicas. A escala mais fina (no nosso trabalho, a de 250m) é ferramenta importante para entender e verificar as barreiras da matriz na polinização entre as espécies vegetais. Para a polinização, a permeabilidade da matriz é um componente importante para entender como um polinizador pode ou não ir de um remanescente ao outro.

Entre os mecanismos de dispersão, a endozoocória é um dos mais importantes, acontecendo não unicamente pelos pássaros, mais com a maioria dos animais. Ela está incluída no processo ecológico conhecido como mutualismo dispersivo, beneficiando as espécies envolvidas. Neste processo, os animais retiram dos frutos os nutrientes necessários a sua dieta e os vegetais têm seus propágulos dispersos e depositados a diferentes distâncias da planta genitora, reduzindo assim, a competição com outros indivíduos estabelecidos (KUNZ, 1982; FENNER, 1985), de grande importância para a manutenção de florestas e recuperação de áreas que sofreram ação antrópica (GALINDO-GONZALEZ et al., 2000; GARCIA & LIMA, 2000). Devido ao isolamento encontrado entre os remanescentes de matas de galeria, a polinização é o mecanismo mais eficiente para evitar a endocruzamento genético. A presença de áreas muito abertas, devido a predominância da matriz ser composta preferencialmente por vegetação inicial, pode dificultar a travessia de espécies polinizadoras entre as manchas de habitat do açai.

A polinização é um processo fundamental para o fluxo gênico entre populações. De acordo com Jardim & Macambira (1996) o *E. oleracea* pode ser polinizado por diversas ordens de insetos: Coleoptera, Diptera, Homoptera e Hymenoptera, sendo a última ordem mais abundante, segundo Venturieri (2006), entre os principais Hemipteros: *Melipona flavolineata*, *M. fasciculata*, *M. manaosensis*, *M. amazônica*, *Trigona fulviventris*, *Trigona pallens*, *Trigona sp.*, *Plebeia mínima*, *Plebeia sp*, *Partamona testacea*, *Partamona sp* e *Apis mellifera*. A *M. fasciculata* é a espécie de Hemiptera mais abundante no Maranhão.

Para a juçara do Maranhão a polinização é realizada por abelhas, principalmente a tiúba (*M. fasciculata*) e abelhas africanizadas (*Apis sp*) e de acordo com Nogueira-Neto (1997) o raio de voo para as abelhas operárias da espécie *M. subnitida* é de 3000 metros. Wille (1983), considera um raio de coleta de 300 a 600 metros para abelhas do porte de *M. fasciculata*. Essa distância de voo pode ser influenciada pelo tipo de matriz, pois em áreas muito abertas com grande incidência de luz e vento pode restringir a travessia entre fragmentos. O vento é mencionado como um fator restritivo ao voo de muitas espécies de abelhas, tais como: mamangavas (MICHENER, 1974; MORSE, 1982), abelhas melíferas (ROUBIK, 1989) e abelhas sem ferrão (PICK & BLOCHTEIN 2002).

Os nossos resultados mostram que as galerias que se sobrepõe em um raio de 250m, o processo de polinização podem ser dificultadas somente se a matriz ao redor da galeria for muito aberta e a presença de grande porcentagem de vegetação inicial é característica de uma matriz mais aberta e pouco permeável para a travessia de polinizadores entre as manchas.

O açazeiro é altamente dependente de polinização cruzada, necessitando de insetos para a formação de seus frutos. A sua polinização é feita principalmente por insetos, destacando-se as abelhas sem ferrão (VENTURIERI, 2008). A introdução e avaliação do impacto na produção de frutos em plantios comerciais, através do manejo de colônias de meliponíneos, abelhas nativas da Amazônia, para a polinização do açazeiro é necessária a complementação do seu sistema produtivo, podendo, também, contribuir na produção de mel e pólen de abelhas nativas.

Esse estudo reflete de que forma está estruturada a paisagem na Baixada Maranhense e qual a influência dessa estrutura para a conservação e preservação das matas de galerias. A escolha de uma escala adequada garante uma avaliação mais verossímil possível sobre a paisagem e a investigação de variáveis ecológicas que são influenciadas pela fragmentação e perda de habitat nas paisagens. Todo esse estudo de estrutura da paisagem, uso e ocupação da terra e de escalas para dispersores e polinizadores será importante para a investigação da estrutura da paisagem sobre a diversidade genética da *Euterpe oleraceae* nas matas de galeria do Maranhão.

## CONCLUSÕES

A perda de habitat na área da Baixada tem sido acentuada nesses últimos anos, gerando, em nossos dados, porcentagens de “Mata inicial/pioneira” acima das classes de “Mata média” ou “Mata avançada”, isso determina que a perda de habitat possa influenciar diretamente na perda de espécies vegetais e animais, assim como da sua diversidade genética. Apesar de a porcentagem de “Mata inicial/pioneira” ser representativa, isso significa que parte da vegetação mais robusta, como da “Mata média” com 4% e “Mata avançada” (0,1%) representam uma perda gradual de habitats.

Nossos resultados mostram que existe um processo de fragmentação da paisagem na Baixada Maranhense, principalmente aos ambientes de Mata de Galeria que são áreas protetoras de cursos d’água e nascentes. Grande parte da área mapeada encontra-se em estado de Mata Pioneira/inicial o que indica um processo recente de degradação. Esse processo de perda de vegetação se reflete na perda de habitat, na manutenção de espécies importantes para a migração de espécies vegetais, nesse caso, as espécies dispersoras de sementes. A fragmentação de paisagens reflete diretamente na dinâmica dos habitats, cadeias tróficas e na diversidade genética de espécies animais e vegetais.

Sobre as matas de galerias os resultados nas duas escalas de estudo 250m e 500m mostram a predominância de mata inicial ao redor dos juçaraís o que possui um efeito direto sobre a polinização e dispersão de sementes. A escala de 250m proporciona a dispersão a curta distância e no caso dos açazeiros ela é realizada por pequenos roedores que podem se deslocar em matrizes pouco densas de vegetação, pois estas proporcionam abrigo e proteção contra predadores. A escala de 500m é uma escala para dispersores de maiores distâncias dentro da paisagem como as aves. Algumas espécies dispersoras que podem atravessar a matriz sem grande custo energético. Abaixa porcentagem de vegetação média e avançada pode ser uma barreira ao deslocamento de dispersores que necessitam de área de poleiro e que não atravessam matrizes muito abertas.

A paisagem em estudo não é homogênea quando analisado os seus atributos espaciais. As matas de galeria são, em sua maioria, de pequenas dimensões, apresentando um certo isolamento entre elas. A maior parte da matriz é composta por vegetação em estado regenerativo, o que demonstra uma retirada recente de vegetação, seja pela agricultura familiar ou pelo crescimento urbano.

O mapeamento de áreas e estudos de métricas de paisagem em multi-escala refletem como a estrutura da paisagem influenciam os processos de dispersão de semente e polinização, processos esses importantes para o aumento de diversidade genética da *E. oleraceae*. Os resultados para esse tipo de trabalho podem ajudar em propostas de conservação de áreas, possibilitando, assim, a manutenção e ampliação da biodiversidade existente nos fragmentos florestais através do aumento do fluxo gênico entre populações de diferentes fragmentos; propor a criação de corredores ecológicos para possibilitar esse fluxo; e subsidiar propostas de aumento de ampliação da superfície florestal em vista à perenização de nascentes e córregos e diminuição dos processos erosivos em Matas de Galeria da Baixada Maranhense.

## REFERÊNCIAS

- ANDRÉN, H. Effects of habitat fragmentation on birds and mammals in landscapes with different proportions of suitable habitat: a review. **Oikos**, nº 71, pp. 355-366, 1994.
- ANDREAZZI, C. S.; PIRES, A. S.; FERNANDEZ, F. A. S.. Mamíferos e palmeiras neotropicais: interações em paisagens fragmentadas. **Oecologia Brasiliensis**, v.13, nº4, pp. 554-574, 2009.
- ASBJORNSEN, H.; *et al.* Effects of habitat fragmentation on the buffering capacity of edge environments in a seasonally dry tropical oak forest ecosystem in Oaxaca, Mexico. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.103, pp. 481-495, 2004.
- BOVI, M.L.A; CASTRO, A. Assaí. *In*: CLAY, J.W. & CLEMENT, C.R. (eds.). **Selected species and strategies to enhance income generation from Amazonian forests. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations**, 1993, pp.58-67.
- BOSCOLO, D. & METZGER, J. P. Is bird incidence in Atlantic forest fragments influenced by landscape patterns at multiple scales?. **Landscape Ecology**, v. 24, pp. 907-918, 2009.
- BOSCOLO, D.; METZGER, J. P. Isolation determines patterns of species presence in highly fragmented landscapes. **Ecography**, v. 34, pp. 1018 –1029, 2011.
- BRASIL. Código Florestal (1965). Código florestal e normas correlatas. – Brasília: **Senado Federal**, Subsecretaria de Edições Técnicas. v. 4, p. 146, 2004.
- CALZAVARA, B.B.G. **As possibilidades do açazeiro no estuário amazônico**. Belém: FCAP. 103p. 1972.(Boletim da Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, 5).
- CALZAVARA, B.B.G. **Açazeiro**. Belém. EMBRAPA/CPATU..(EMBRAPA/CPATU. Recomendações Básicas), V3,1987,6p.
- CARVALHO-ZILSE, G.A.; KERR, W. E.. Substituição natural de rainhas fisogástricas e distância de vôo dos machos em Tiuba (*Melipona compressipes fasciculata* Smith, 1854) e Uruçu (*Melipona scutellaris* Latreille, 1811) (Apidae, Meliponini). **Acta Amazônica**. Vol. 34, nº 4, pp. 649 – 652, 2004.
- CAVALCANTE, P. **Frutas comestíveis da Amazônia**. Belém: CEJUP. 1991, 271p.
- CASTELLANI, T. T.; STUBBLEBINE, W. H. Sucessão secundária inicial em mata tropical mesófila, após perturbação por fogo. **Revista Brasileira de Botânica**, V. 16, pp. 181-203, 1993.
- CONAMA: Conselho Nacional de Meio Ambiente. (Brasília – DF). Resoluções CONAMA nº 302 e 303, de 2002. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. 2002.
- CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente) RESOLUÇÃO Nº 28, DE 7 DE DEZEMBRO. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, 1994.
- FAHRIG, L. When does fragmentation of breeding habitat affect population survival?. **Ecol Model**, V.105, pp. 273–292, 1998.
- FAHRIG, L., Rethinking patch size and isolation effects: the habitat amount hypothesis. **Journal of Biogeography** (J. Biogeogr.). v. 40, pp. 1649–1663, 2013.
- FARINA, A. Principles and methods in landscape ecology. London: **Chapman & Hall Ltd**, 1998.

- FELFILI, J.M. Diversity, structure, and dynamics of a gallery forest in central **Brazil**. **Vegetatio**, v. 117, pp.1-15, 1995.
- FENNER, M. Seed Ecology. **Chapman & Hall**, London, pp. 151, 1985.
- FINEGAN, B. Pattern and process in neotropical secondary rain forests: the first 100 year of succession. **Trends in Ecology & Evolution**, v.11, pp.119-124, 1996.
- FORMAN, R.T.T.; GODRON, M. Landscape ecology. New York, **John Wiley & Sons**, 1986.
- GALETTI, M.; A. ALEIXO. Effects of palm heart harvesting on avian frugivores in the Atlantic rain forest of Brazil. **Journal of Applied Ecology**, V. 35, pp. 286-293, 1998.
- GALETTI, M.; J. C. FERNANDEZ. Palm heart harvesting in the Brazilian Atlantic forest: changes in industry structure and the illegal trade. **Journal of Applied Ecology**, V.35, pp.294-301, 1998.
- GALINDO-GONZALEZ, J.; GUEVARA, S.; SOSA, VJ. Bat- and bird-generated seed rains at isolated trees in pastures in a tropical rain-forest. **Conserv. Biol.** V.14, pp. 1693–1703, 2000.
- GARCIA, L. C.; LIMA, D. Comportamento de sementes de *Copaifera multijuga* Hayne (copaíba) durante o armazenamento. **Acta Amazonica**, V.30, nº3, pp. 369-375, 2000.
- GENTILE, R.; CERQUEIRA, R. Movement patterns of five species of small mammals in a Brazilian restinga. **Journal of Tropical Ecology**. V. 11. nº 04. November, pp. 671-677, 1995.
- GOMES, A. de L. S.. Interação mutualística entre aves frugívoras de sub-bosque e plantas no Parque Ecológico de Gunma, Santa Bárbara do Pará. **Dissertação de Mestrado**. Museu Paraense Emílio Goeldi e Universidade Federal do Pará, 2008.
- HARPER, J. L.. Population Biology of Plants. **Academic Press**, New York, pp. 892, 1977.
- HAILA, Y. Toward an ecological definition of an island: a northwest European perspective. **Journal of Biogeography**, V.17, pp. 561–568, 1990.
- HENDERSON, A.; GALEANO, G. A revision of *Euterpe*, *Prestoea* and *Neonicholsonia* (Palmae). Bronx: New York Botanical Garden, **Flora Neotrópica**, v. 72, p.1- 9, 1996.
- HERRERA, C.M. *et al.* Recruitment of a mast-fruiting, bird-dispersed tree: Bridging frugivore activity and seedling establishment. **Ecological Monographs**, v. 64, pp. 312-344, 1994.
- HERRMANN, B. C.; RODRIGUES, E.; LIMA, A. de. A paisagem como condicionadora de bordas de fragmentos florestais. **Floresta**, Curitiba, PR, v.35, n. 1, jan./abr. 2005.
- HERRMANN, G.. Incorporando a teoria do planejamento regional da conservação: a experiência do Corredor Ecológico da Mantiqueira. Belo Horizonte. **Valor Natural**, 228 p., 2011.
- HILÁRIO, S.D.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L.; KLEINERT, A. DE M.P. Responses to climatic factors by foragers of *Plebeia pugnax* Moure (in litt.) (Apidae, Meliponinae). **Rev. Bras. Biol.** V. 61, pp.191-196, 2001.
- HOLLING, CS. Understanding the complexity of economic, ecological, and social systems. **Ecosystems**, nº 4, pp. 390–405, 2001.

- IUCN: Conservation International and NatureServe. Red List of threatened species. [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)
- (downloaded on 07.04.08). 2007. Acesso em: 10 de maio 2013.
- JARDIM, M.A.G.; MACAMBIRA, M.L.J. Biologia floral do açazeiro (*Euterpe oleracea* Martius) Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi, **Série Botânica**, V.12, nº1, pp. 131-136, 1996.
- JORDANO, P. Fruits and frugivory. In: M. Fenner (ed.) **Seeds: the ecology of regeneration in plant communities**. Wallingford: CAB International, p. 105-156, 1992.
- KATES, R.W. *et al.* Sustainability Science. **Science**, nº 292, pp. 641-642, 2001
- KAPOS, V. Effects of isolation on the water status of forest patches in the Brazilian Amazon. **Journal of Tropical Ecology**, V5, pp. 173-185, 1989.
- KUNZ, T.H. Roosting ecology of bats. In: T.H. Kunz (Ed.) **Ecology of bats**. Plenum Press, New York, 1982, pp. 1-50.
- KUCHMEISTER, H.; SILBERBAUER-GOTTSBERGER; GOTTSBERGER, G. Flowering, pollination nectar standing crop, and nectaries of *Euterpe precatória* (Arecaceae) an Amazonian rain forest palm. *Plant Syst. Evol.* V. 206, pp. 71-97, 1997.
- LAURANCE, W.F. Edge effects in tropical forest fragments: application of a model for the design of nature reserves. **Biological Conservation**, V. 57, pp. 205-219, 1991.
- LAURANCE, W.F.; *et al.* Rain forest fragmentation and the dynamics of Amazonian tree communities. **Ecology**, V. 79, pp. 2032-2040, 1998.
- LAURANCE, W.F.; *et al.* Ecosystem decay of Amazonian forest fragments: a 22-year investigation. **Conservation Biology**, V. 16, pp. 605-618, 2002.
- LEVINS, R. Some demographic and genetic consequences of environmental heterogeneity for biological control. **Bulletin of the Entomological Society America**, v. 15, pp. 237-240, 1969.
- LEVINS, R. Extinction. Pp. 77-107. In: M. Gasterhaber (ed.), *Some Mathematical Problems in Biology*. American Mathematical Society, **Providence**, Rhode Island. 117p., 1970.
- LOVEJOY, T.E.; *et al.* Ecosystem decay of Amazon forest fragments. In: **Extinctions** (M.H. Nitecki, ed.). University of Chicago Press, Chicago, 1984, p. 296-325.
- MACARTHUR, R. H.; WILSON, E. O. The theory of island biogeography. **Princeton University Press**, Princeton, 1967.
- MCGARICAL, K.; MARKS, B. J. FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. Versão 2.0. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, **Pacific Northwest Research Station**, 122p, 1995.

MAGRO, T. C. Manejo de paisagens em áreas florestadas. **Silvicultura**, v. 18, n. 69, pp. 38-45, 1997. MARANHÃO. Gerência de Planejamento e Desenvolvimento Econômico. Laboratório de Geoprocessamento.

Atlas do Maranhão. **GEPLAN**. São Luís, p. 36, 2000.

MEDEIROS, J. de D.; SALEH, Z. K. A. D. fragmentação florestal: Um estudo da ecologia da paisagem em Curitiba (SC), *Ágora: R. Divulg. Cient.*, Mafra, v. 16, n. 1, pp. 2237-9010, 2009.

METZGER, J. P. Changements de la structure du paysage et richness spécifique des fragments forestiers dans le.

Sud-Est du Brésil. CR. Acad. Sci. Paris, **Sciences de la vie**, V. 321, pp. 319-333, 1998.

METZGER, J. P. Tree functional group richness and landscape structure in Brazilian tropical fragmented landscape. **Ecological Applications**, v. 10, n. 4, p. 1147 - 1161. 2000.

METZGER, J. P. Bases biológicas para a 'reserva legal'. **Ciência Hoje**. V. 31, n.º 183, 2002.

METZGER, J. P. O Código Florestal tem base científica? **Natureza & Conservação**, n.º 8, v. 1, 1-5 pp., 2010. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Convenção RAMSAR. 2006. Disponível em:

<http://www.ambientebrasil.com.br>. Acesso em: 06/10/2013.

MOILANEN, A.; HANSKI, I. Metapopulation dynamics: effects of habitat quality and landscape structure.

**Ecology**, n.º 79, pp. 2503-2515, 1998.

MORSE, D.H. Behavior and ecology of bumble bees. In Social Insects (H.R. Hermann, ed.). **Academic Press Inc.**, New York, v.3, pp. 245-322, 1982

MURCIA, C. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. **Trends in Ecology and Evolution**, V. 10, pp. 50-62, 1995.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Our Common Journey: A Transition Toward Sustainability. **National Academy Press Washington**, D.C., 1999.

NEEL, M.C.; MCGARIGAL, K.; CUSHMAN, S.A. Behavior of class-level landscape metrics across gradients of class aggregation and area. **Landscape Ecol**, V. 19, pp. 435-455, 2004.

NOGUEIRA-NETO P. **Vida e Criação de Abelhas Indígenas sem Ferrão**. São Paulo: Editora Tecnapis, 1997. 54 p.

ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro, Guanabara. 1988, p. 434.

OLIVEIRA, M. do S. P. de. *et al.*, **Variação fenotípica em acessos de açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) para caracteres relacionados à produção de frutos**. Belém: Embrapa-CPATU, Boletim de Pesquisa, V. 209 1998. 23p.

OLIVEIRA, M. do S. P. de; MULLER, A. A. Seleção de germoplasma de açazeiro promissor para frutos.

Belém: EMBRAPA-CPATU, 1998. 5p.

- OLIVEIRA, M.S.P. de; FERNANDES, T.S.D. Aspectos da floração do açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) nas condições de Belém-PA. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 44, São Luís, 1993. **Resumos...**, São Luís: SBB, 1993. p.159.
- OLIVEIRA-FILHO, F.J.B.; METZGER, J.P. Thresholds in landscape structure for three common deforestation patterns in the Brazilian Amazon. **LandscapeEcology**, V. 21, pp. 1061-1073, 2006.
- OLIVEIRA, O. dos S. **Tecnologia de sementes florestais: espécies nativas**. Curitiba: Ed. da UFPR, 2012, p. 404.
- PAULA, A. de; et al. Sucessão ecológica da vegetação arbórea em uma Floresta Estacional Semi-decidual, Viçosa, MG, Brasil. **Acta Bot. Bras.** 18(3): 407-423. 2004
- PICK, R.A.; BLOCHTEIN, B.. Atividades de coleta e origem floral do pólen armazenado em colônias de *Plebeia saiqui* (Holmberg) (Hymenoptera, Apidae, Meliponinae) no sul do Brasil. **Rev. Bras. Zool.** V.19, pp. 289-300, 2002.
- PINHEIRO, C.U.B. **Matas Ciliares: Recuperação e Conservação em áreas unidas do Maranhão**. São Luís: Editora Aquarela. 2013. 192 p.
- PIRES, A.S. *et al.* Frequency of movements of small mammals among Atlantic Coastal Forest fragments in Brazil. **Biological Conservation**, V.108, pp. 229-237, 2002.
- QUEIROZ, J. A. L. de; JÚNIOR, N. J. M.. Efeito do tamanho do recipiente sobre o desenvolvimento de mudas de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.). **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal, v. 23, n. 2, p. 460-462, agosto, 2001.
- RADFORD, I.J., et al. Impacts of changed fire regimes on tropical riparian vegetation invaded by an exotic vine. **Austral Ecology**, v. 33, pp. 151-16, 2008.
- RIGUEIRA, D. M. G. R.; ROCHA, P. L. B. DA; MARIANO-NETO, E. Forest cover, extinction thresholds and time lags in woody plants (Myrtaceae) in the Brazilian Atlantic Forest: resources for conservation. **Biodivers Conserv.**, p. 23, 2013.
- ROUBIK, D. W. **Ecology and natural history of tropical bees**. Cambridge University Press, New York, 1989. p. 504.
- SÁ, C.F.C. Regeneração em uma área de floresta de restinga na Reserva Ecológica Estadual de Jacarepiá, Saquarema/RJ: I- Estrato herbáceo. **Arquivos do Jardim Botânico do Rio de Janeiro**, V. 34, pp. 177- 192, 1996.
- SCHIEROLZ, T. Dinâmica biológica de fragmentos florestais. **Ciência Hoje**, v. 12, p. 22-29. 1991.
- SEPLAN: Secretaria de Estado do Planejamento e Orçamento. Perfil da Região do Alto Muni 2008 / Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos. São Luís, **IMESC**, v. 1, 2009.
- SHERMAN, G. E.; *et al.* 2011. Quantum GIS UserGuide - Version 1.7 "Wroclaw". 123 p. Disponível em:

[http://download.osgeo.org/qgis/doc/manual/qgis-1.7.0\\_user\\_guide\\_en.pdf](http://download.osgeo.org/qgis/doc/manual/qgis-1.7.0_user_guide_en.pdf). Acesso em: 10 jul. 2013.

STAUFFER, D. Introduction to percolation theory. Taylor and Francis, London. 1985p., 181.

SHANLEY P & MEDINA G. Frutíferas e plantas úteis na vida amazônica. Belém: **CIFOR & Imazon**, p. 300, 2005.

SILVA JÚNIOR, et al. Análise da flora arbórea de Matas de Galeria no Distrito Federal. Pp. 143-191 *In: Cerrado: caracterização e recuperação de matas de galeria*. J.F. Ribeiro; C.E.L. Fonseca & J.C. Sousa- Silva (eds.). Planaltina, **EMBRAPA-Cerrados**, 2001.

TEIXEIRA, A; *et al.* Modeling landscape dynamics in an Atlantic Rainforest region: Implications for conservation. **Forest Ecology and Management**, V. 257, 1219-1230 pp., 2009.

TURNER, M.G.. Landscape ecology: the effect of pattern on process. **Annual Review of Ecology and Systematics**, nº 20, pp. 171-197, 1989.

UNESCO. **Vegetação no Distrito Federal - tempo e espaço**. Brasília, 2000.

VENTURIERI, G.C. & CONTRERA, F.A.L.. *In: III Semana dos Polinizadores: Palestras e Resumos. Biodiversidade de Abelhas na Amazônia: os Meliponíneos e seu Uso na Polinização de Culturas Agrícolas*, EMBRAPA, 2012.

VIANA, V.M. Biologia e manejo dos fragmentos florestais atuais. *in: CONGRESSO BRASILEIRO FLORESTAL*, 6, Campos do Jordão. **Anais**.. Campos do Jordão: SBS; SBEF, 1990, pp. 113-118

VIEIRA, C. M.; PESSOA, S. V. A. Estrutura florística do estrato herbáceo-subarbustivo de um pasto abandonado na Reserva Biológica de Poço das Antas, município de Silva Jardim, RJ. **Rodriguésia**, V. 52, pp. 17-30, 2001.

VIEIRA, M.V.; *et al.* Mamíferos. *In: RAMBALDI, D.M.; OLIVEIRA, D.A.S. (coords). Fragmentação de Ecossistemas: Causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas*. MMA/SBF, Brasília, 2003, pp.125-151.

WILLE, A. Biology of stingless bees. **Annual review of entomology**, V. 28, pp. 41-65, 1983.

MACARTHUR, R.H.; WILSON, E.O. The theory of island biogeography. Princeton: Princeton University Press, 1967. 203 p.



## CAPÍTULO 4

# INFLUÊNCIA DA PECUÁRIA E SUA IMPLICAÇÃO NA SUSTENTABILIDADE DA MATA CILIAR DO RIO ZUTUIA

Caruline Silva Lago; Larissa Barreto; Milton Cezar Ribeiro; Naíla Arraes de Araujo.

## INTRODUÇÃO

As matas ciliares são formações vegetais que ocorrem ao longo dos cursos d'água, consideradas como extremamente importantes em termos ecológicos, devido a sua composição faunística, florística e de microorganismos, além de desempenharem papel importante na formação dos corredores de fluxo gênico, podendo interligar populações que foram separadas pelo processo de fragmentação (KAGEYAMA & GANDARA, 2000).

Além disso, as matas ciliares têm como funções principais: a proteção das margens dos rios contra a erosão, devido à resistência oferecida pelo emaranhado de raízes, proteção de mananciais, o tamponamento e filtragem de nutrientes e/ou agrotóxicos carregados pelas enxurradas, diminuindo impactos sobre a vida aquática, a navegação e a qualidade da água para consumo humano, geração de energia e irrigação, abastecimento do lençol freático, suavização e certa contenção do impacto da água da chuva e fornecimento de abrigo e/ou alimento para a fauna aquática e terrestre (MUELLER, 1998).

Levantamentos florísticos e fitossociológicos em fragmentos de florestas ciliares, realizados em diferentes regiões do Brasil, têm mostrado que essas áreas são muito diversas quanto à composição e estrutura fitossociológica como resultado da elevada heterogeneidade ambiental à qual estão associadas (FELFILI *et al.*, 2001). Assim, o levantamento fitossociológico tem sido importante para subsidiar práticas de manejo, recuperação e monitoramento de remanescentes florestais, total ou parcialmente degradados, especialmente de fragmentos de matas ciliares (BRAGA, 2006).

Entretanto, apesar da importância das matas ciliares e de sua proteção por legislação ambiental específica (Lei 12651 de 25 de maio de 2012), que a institui como Área de Preservação Permanente, a cobertura vegetal presente vem sendo crescentemente degradada, principalmente por atividades antrópicas.

De acordo com MARTINS (2001), além do processo de urbanização, as matas ciliares sofrem com áreas diretamente afetadas por construção de hidrelétricas, abertura de estradas em regiões

com topografia acidentada e implantação de culturas agrícolas e de pastagem. Essa generalizada destruição ou degradação das matas ciliares contribuem para intensificar a erosão dos solos, a destruição da vida silvestre, a mudança da paisagem à beira dos rios, e principalmente, o assoreamento e a degradação de rios, lagos e barragens (CORBACHO *et al.*, 2003).

Na sub-bacia do Zutiua, o principal fator de degradação das matas ciliares é o desmatamento causado pela pecuária bovina em sistema extensivo, desenvolvida também em regiões de babaçu e florestas ombrófilas (LABGEO, 2010). Segundo MARGULLIS (2003), os dados de uso do solo na Amazônia mostram a pecuária como a principal atividade na região causadora dos desmatamentos. O final do processo de ocupação, não importa quais sejam os agentes originais, é quase inevitavelmente a pecuária. Caso ela não fosse financeiramente viável, os processos de extração de madeira e de abertura de estradas não resultariam em conversão de florestas ou desmatamentos na escala em que ocorrem, porque os agentes iniciais sequer cobririam seus custos de ocupação, desmatamentos e preparo do solo.

Haja vista a problemática em questão, ações voltadas para o manejo e uso sustentável das matas ciliares são indispensáveis. Como apontado por OPDAM *et al.* (2003), o planejamento ambiental é uma atividade interativa, multidisciplinar e implica decisões sobre o futuro porque as paisagens devem ser planejadas de forma a integrar conservação da biodiversidade e desenvolvimento sustentável, e uma é justamente nesse contexto, que a ecologia da paisagem tem sido uma ferramenta indispensável.

A ecologia de paisagem baseia-se na premissa de que os padrões dos elementos da paisagem influenciam significativamente os processos ecológicos, alterando riscos de extinção e as possibilidades de deslocamento das populações e é atualmente uma ciência extremamente importante para o desenvolvimento, manejo, conservação e planejamento da paisagem (PEREIRA *et al.* 2001). Ela possibilita que a paisagem seja avaliada sob diversos aspectos, permitindo o estudo de seus processos ecológicos em diferentes escalas temporais e espaciais (TURNER, 1987). O entendimento de como os remanescentes de habitats estão distribuídos e configurados espacialmente é essencial para o desenvolvimento de uma efetiva rede de áreas destinadas à conservação (MACGARIGAL & MARKS, 1995). Devido às dificuldades de análise e planejamento da paisagem antes da ocupação, o manejo de áreas modificadas deve ser realizado de forma a manter as funções ecológicas básicas de um ecossistema (FORMAN & COLLINGE, 1997).

Sabendo-se da importância da conservação e recuperação das matas ciliares para a manutenção e melhoria da qualidade de vida do homem e dos ecossistemas em que vive e da carência de estudos na região da Bacia do Rio Pindaré, que considerem ações de manejo sustentável, esta pesquisa teve como objetivo geral analisar a estrutura da vegetação ciliar do rio Zutiua em relação à influência de áreas de pastagem e a configuração estrutural da paisagem, visando o planejamento, implantação de programas de conservação e recuperação da mata ciliar da região. Mais especificamente, fazer análise fitossociológica da mata ciliar em remanescentes florestais no rio Zutiua; observar como o uso da terra (pastagem) está afetando a estrutura da vegetação ciliar; utilizar análise de "buffer" para mapear uma zona limite de expansão da pecuária em direção a mata ciliar, sem que cause danos ao ecossistema natural; criar subsídios para a implementação de programas de conservação e recuperação da vegetação ciliar na Sub-Bacia Zutiua, Bacia do Pindaré, objetivando a manutenção dos processos ecológicos e das condições hídricas de forma mais sustentável.

## METODOLOGIA GERAL

### Área de estudo

A sub-bacia do Zutiua localiza-se na região do centro-oeste maranhense, na Bacia do Pindaré. O rio Zutiua é afluente pela margem esquerda e sua sub-bacia é constituída por treze municípios: Altamira do Maranhão, Alto Alegre do Pindaré, Amarante do Maranhão, Arame, Brejo de Areia, Buriticupu, Grajaú, Marajá do Sena, Paulo Ramos, Pindaré-Mirim, Santa Inês, Santa Luzia e Tufilândia (BRITO, 2011).

De acordo com o mapeamento de uso e cobertura realizado por LABGEO (2010), a região é predominantemente coberta por três classes: floresta ombrófila (30% da área), vegetação secundária com palmeiras (29,1%) e atividade pecuária bovina (28,7%), sendo que as atividades antrópicas estão em pleno crescimento nos últimos anos (IMESC, 2009). A soma das áreas de vegetação secundária e atividade pecuária bovina representam 57,8% da área total da sub-bacia (BRITO, 2011).

## FITOSSOCIOLOGIA DE REMANESCENTES DE MATA CILIAR DO RIO ZUTIUUA

### INTRODUÇÃO

A fragmentação florestal e o desmatamento das matas ciliares são fenômenos extremamente marcantes e graves, oriundos principalmente do processo de expansão da fronteira agro-industrial no Brasil. Os fragmentos florestais, resultantes de vegetações desgastadas por vários anos de degradação progressiva, constituem hoje um dos maiores desafios para a conservação (VIANA *et al.* 1992).

A vegetação que normalmente ocupa a zona ripária constitui uma APP (Área de Preservação Permanente) sendo protegida por Lei, no entanto, ela continua a ser devastada, sendo alvo de todo tipo de degradação. As matas ciliares apresentam em geral, uma alta variação em termos de estrutura, composição e distribuição espacial. Esta variação deve ocorrer tanto ao longo do curso d'água, refletindo variações de micro-sítios resultantes da dinâmica dos processos fluviomórficos, que resultam em trechos característicos de deposição de sedimentos, assim como trechos característicos de erosão fluvial. Lateralmente, as condições de saturação do solo diminuem à medida que se distancia do canal, o que deve, também, influenciar a composição das espécies (LIMA & ZAKIA, 2000). Além disso, possui algumas características peculiares, como tolerância a inundações periódicas e capacidade de adaptação em terrenos com alto grau de declividade (SALAMENE *et al.*, 2011).

Em contrapartida, sua destruição acarreta graves consequências, contribuindo para intensificar a erosão dos solos, a destruição da vida silvestre e principalmente, o assoreamento e a degradação de rios, lagos e barragens (MUELLER, 1998). Isso traz, além dos danos ambientais e ecológicos, prejuízos econômicos para o país, uma vez que os recursos hídricos são utilizados no abastecimento de água e na geração de energia elétrica (SALVADOR, 1986).

A Sub-bacia do Rio Zutiua contém uma valiosa diversidade biológica, tendo em vista que a região é de transição entre os biomas da Amazônia e Cerrado, sendo uma área de pronunciada importância ecológica. Atualmente está sofrendo com o avanço do desmatamento, principalmente da floresta amazônica oriental para os mais diversos fins, seja para o comércio da madeira, como

para a pecuária e a implantação de usinas siderúrgicas na região, dentre outras indústrias. Como consequência, a área está sujeita a sérios processos de erosão das margens do Rio Pindaré e seus tributários (BARRETO, 2008).

Apesar de toda sua relevância pesquisas nessa região ainda são raras ou ausentes. Salvo no baixo Pindaré, onde está localizada a Baixada Maranhense. Este estudo foi realizado baseado nessa atual situação e na fundamental importância ecológica e social da conservação da mata ciliar para a sustentabilidade local e regional, tendo como principal objetivo a análise da estrutura da vegetação ciliar do rio Zutiua, contribuindo dessa forma para o conhecimento florístico da região e auxiliando no processo de desenvolvimento de modelos para a recuperação dessas formações vegetais.

## MATERIAL E MÉTODOS

**Área de estudo** - O presente estudo foi realizado em remanescentes de mata ciliar inundável (igapó) e de terra firme do Rio Zutiua, localizados no município de Tufilândia.

**Amostragem** - Foram delimitados 10 pontos e em cada ponto foi alocada uma parcela, totalizando 10 parcelas de 10x50m (500 m<sup>2</sup>) para amostrar os indivíduos arbóreos. As parcelas foram dispostas perpendicularmente ao curso do rio, com o propósito de amostrar desde espécies que estão nas áreas mais baixas e sujeitas a inundações sazonais até as áreas mais altas e não afetadas pela inundação, observando assim mudanças fisionômicas da vegetação. Foram incluídos na amostragem todos os indivíduos com diâmetro do tronco a 1,30m do solo (DAP) igual ou superior a 5 cm. De cada indivíduo foram anotados o DAP e a altura total e coletadas amostras de material botânico. Este foi prensado em jornal e seco em estufa para posterior identificação.

Os parâmetros fitossociológicos analisados no trabalho foram: riqueza florística, densidade absoluta (DA), densidade relativa (DR), dominância absoluta (DoA), dominância relativa (DoR), frequência relativa (FR), IVI (índice de valor de importância), IVC (índice de valor de cobertura), diâmetro médio e altura média, utilizando o programa FITOPAC (SHEPHERD, 1995). Foi usado o índice de diversidade de Shannon-Wiener ( $H'$ ) e o índice de equabilidade de Pielou ( $J'$ ).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos remanescentes de mata ciliar foram amostrados ao todo 538 indivíduos arbóreos, 42 espécies, pertencentes a 31 famílias, obtendo-se uma densidade total de 978,18 indivíduos/ha. Os dados de riqueza e número de indivíduos por parcela e as distâncias destas para área de uso estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1- Relação com os dados por parcela: NI: número de indivíduos; NS: número de espécies.

Parcela		NI	NS
1		54	6
2		50	8
3		62	9
4		48	11
5		25	11
6		59	21
7		78	8
8		65	9
9		44	5
10		53	6

A altura e diâmetro médio foram respectivamente 5,11 m e 13,58 cm. Segundo Nunes *et al.* (2003), regiões que sofreram severas perturbações no passado possuem maiores densidades de árvores finas e baixas, caracterizando estágio de regeneração inicial.

O índice de diversidade de Shannon ( $H'$ ) para espécies foi de 2,452 e para as famílias foi 2,083 e o índice de equabilidade de Pielou ( $J'$ ) de 0,65. Este resultado foi semelhante ao encontrado por Souza (2010), que estudando diferentes unidades de paisagem, entre elas, mata de igapó e terra firme (mata ciliar não-inundável), obteve os seguintes valores para o índice de Shannon e equabilidade de Pielou, 3,28 e 0,67, respectivamente. É provável, que esse valor de diversidade um pouco superior ao encontrado neste trabalho, seja resultante da amostragem em diferentes unidades da paisagem. No presente estudo, as coletas foram realizadas apenas nas áreas de mata de igapó e mata ciliar não-inundável (mata ciliar). Já os valores de equabilidade encontrados nos dois trabalhos foram bem semelhantes.

As famílias de maior riqueza foram Leguminosae, com 5 espécies, Arecaceae e Myrtaceae e Lecythidaceae com 3 espécies cada, Polygonaceae com 2 espécies. As demais famílias estão representadas por apenas uma espécie. Já as famílias com maior número de indivíduos foram Arecaceae (representada pelas espécies: *Orbignya phalerata* Mart., *Bactris brongniartii* Mart. e *Astrocaryum vulgare* Mart.), com 188 indivíduos e Polygonaceae (com as espécies: *Symmeria paniculata* Benth. e *Coccoloba ovata* Benth.) com 151 indivíduos.

A família Polygonaceae foi representada principalmente pela espécie *Symmeria paniculata* Benth., que é uma espécie típica de ambientes inundados. Segundo Maia (1997), um aspecto importante nos ambientes de vegetação inundável é a presença de indivíduos adaptados à submersão parcial ou total durante um período prolongado.

A família Arecaceae apresentou densidade absoluta de 341,8 indivíduos/ha e densidade relativa de 34,94%. Seguida da família Polygonaceae com 274,5 indivíduos/ha e 28,07%, respectivamente. A família Polygonaceae foi a mais frequente, com 10,59%.

Com 38,48%, a família Arecaceae é a mais dominante, depois a Polygonaceae em segundo com 17,98%. Cattanio *et al.* (2002) estudaram a composição florística de uma floresta de várzea perto do porto amazônico de Belém, Brasil, e a família Arecaceae obteve o maior valor de dominância relativa. Especificamente, diversidade reduzida e alta representação de palmeiras em locais

que sofrem com inundações sazonais, podem refletir a falta de oxigênio nos solos encharcados de tais locais, o que limita o estabelecimento e sobrevivência de mudas de muitas espécies de plantas (CRAWFORD 1989).

A família Arecaceae obteve o maior valor de IVI (81,66), devido os valores relativos de densidade, dominância e frequência obtidos pelas espécies que compõem essa família (*Bactris brongniartii* Mart., *Orbignya phalerata* Mart. e *Astrocaryum vulgare* Mart.). A família Polygonaceae ficou em segundo, com 56,64. O IVC também obteve como as famílias principais a Arecaceae (73,43) e Polygonaceae (46,05).

As principais espécies em número de indivíduos foram: *Bactris brongniartii* Mart., com 145 e *Symmeria paniculata* Benth. com 134 indivíduos (Tabela 2). *Bactris brongniartii* Mart. é uma espécie que ocupa áreas inundáveis de igapó, áreas não inundáveis e também os ambientes de transição entre esses dois, distribui-se de maneira agregada, formando touceiras (SOUZA 2010).

Tabela 2- Parâmetros fitossociológicos das espécies amostradas na mata ciliar do Rio Zutuia, MA, Brasil. N: Número de indivíduos; DR: Densidade relativa (%); DoR: Dominância relativa (%); FR: Frequência relativa (%); IVI: Índice de Valor de Importância; IVC: Índice do Valor de Cobertura.

Espécies	N	DR	DoR	FR	IVI	IVC
<i>Symmeria paniculata</i> Benth.	134	24.91	16.59	9.57	51.07	41.50
<i>Orbignya phalerata</i> Mart.	28	5.20	31.98	4.26	41.44	37.18
<i>Bactris brongniartii</i> Mart.	145	26.95	4.37	5.32	36.64	31.32
sp.2	53	9.85	9.38	8.51	27.74	19.23
<i>Inga cylindrica</i> Mart.	24	4.46	4.87	6.38	15.71	9.33
<i>Pithecolobium</i> sp.	11	2.04	6.62	5.32	13.98	8.66
<i>Crataeva tapia</i> L.	19	3.53	3.81	6.38	13.72	7.34
sp.12	9	1.67	8.54	2.13	12.34	10.21
<i>Cecropia glaziovi</i> Snethlage	14	2.60	3.20	4.26	10.06	5.80
<i>Astrocaryum vulgare</i> Mart.	15	2.79	2.14	2.13	7.05	4.92
<i>Coccoloba ovata</i> Benth.	17	3.16	1.39	2.13	6.68	4.55
<i>Gustavia augusta</i> L.	8	1.49	0.27	3.19	4.95	1.76
<i>Spondias mombin</i> L.	11	2.04	0.57	2.13	4.74	2.61
sp.34	4	0.74	0.19	3.19	4.12	0.93
sp.24	3	0.56	2.23	1.06	3.85	2.79
<i>Andira fraxinifolia</i> Benth.	4	0.74	0.15	2.13	3.02	0.90
<i>Eschweilera coriacea</i> (DC) Mori	3	0.56	0.21	2.13	2.90	0.77
<i>Luehea divaricata</i> Mart.	3	0.56	0.17	2.13	2.86	0.73
sp.32	2	0.37	0.30	2.13	2.80	0.68
sp.28	4	0.74	0.99	1.06	2.80	1.73
sp.18	2	0.37	0.15	2.13	2.65	0.52

sp.38	2	0.37	0.35	1.06	1.79	0.72
sp.31	2	0.37	0.17	1.06	1.61	0.55
sp.41	2	0.37	0.15	1.06	1.59	0.53
sp.36	1	0.19	0.26	1.06	1.51	0.44
sp.35	1	0.19	0.25	1.06	1.50	0.43
sp.22	2	0.37	0.05	1.06	1.49	0.42
<i>Macrolobium acaciaefolium</i> Bent	1	0.19	0.17	1.06	1.42	0.35
<i>Bocageopsis multiflora</i> Mart.	1	0.19	0.08	1.06	1.33	0.27
sp.30	1	0.19	0.07	1.06	1.32	0.26
sp.29	1	0.19	0.05	1.06	1.30	0.24
sp.26	1	0.19	0.04	1.06	1.29	0.23
sp.40	1	0.19	0.04	1.06	1.29	0.23
sp.11	1	0.19	0.03	1.06	1.28	0.21
sp.21	1	0.19	0.02	1.06	1.27	0.21
sp.19	1	0.19	0.02	1.06	1.27	0.21
sp.42	1	0.19	0.02	1.06	1.27	0.21
<i>Bauhinia glabra</i> Jacq.	1	0.19	0.02	1.06	1.27	0.21
<i>Lecythis lúrida</i>	1	0.19	0.02	1.06	1.27	0.21
sp.37	1	0.19	0.02	1.06	1.27	0.20
sp.39	1	0.19	0.01	1.06	1.26	0.20
<i>Psidium Kennedyanum</i> Morong	1	0.19	0.01	1.06	1.26	0.20

As espécies com os maiores valores de densidade relativa são *Bactris brongniartii* Mart. (26,95%), densidade absoluta (263,6 n.ind/ha) e *Symmeria paniculata* Benth. (24,91%), densidade absoluta (243,6 n.ind/ha). Ambas as espécies são abundantemente encontradas nas matas de igapó, esse resultado já era esperado, já que as coletas foram realizadas, em parte, nessa tipologia vegetal. Segundo Souza (2010), a mata de igapó é um tipo de vegetação característico da floresta Amazônica, adaptada a períodos de cheia e de seca, podendo sobreviver submersas nos períodos de inundação que chegam em média a seis meses por ano. Nessas florestas há forte dominância de poucas espécies adaptadas a longos períodos debaixo d'água.

Em relação à dominância relativa tem-se a *Orbignya phalerata* Mart. (31,98%), dominância absoluta (7,5919 m<sup>2</sup>/ha) e *S. paniculata* (16,59%), dominância absoluta (3,9386 m<sup>2</sup>/ha), como as mais dominantes.

A *O. phalerata* Mart. é uma palmeira de grande sucesso como colonizadora de grandes áreas, ocorre exclusivamente nas áreas de terra firme, evitando as áreas baixas, inundáveis. Espécie de relevante importância socioeconômica, já que dela obtêm-se vários produtos de grande utilidade, derivados dos frutos, das folhas e do caule da palmeira (PINHEIRO *et al.*, 2005). Deve ter obtido esse alto valor de dominância por apresentar os maiores valores de DAP coletados, refletindo dessa forma também na sua área basal (4,1755), o maior dentre todas as espécies. Já que o número de indivíduos não foi assim tão expressivo quanto da *Symmeria paniculata* Benth.

A espécie mais frequente nas unidades amostrais foi sem dúvida, a *S. paniculata* Benth. (9,57%) seguida da espécie 2 (8,51%), conhecida pelo nome popular de “mangue bravo”. *S. paniculata* Benth. pertence à família Polygonaceae e é uma das duas espécies conhecidas deste gênero, é bastante comum em matas de igapó. O arbusto ou árvore pode crescer até 12 m de altura e tem uma dispersão de sementes hidrocórica. Os frutos são consumidos por muitas importantes espécies de peixes comerciais, como *Colossoma macropomum*, *Mylossoma* sp., *Cichlasoma* sp., *Brycon* sp. e *Triportheus* sp. (GOULDING, 1980).

As demais espécies com valores expressivos de frequência foram a *Inga cylindrica* Mart. (6,38%), *Crataeva tapia* L. (6,38%) e *Bactris brongniartii* Mart. (5,32%).

O IVI (índice de valor de importância) teve os seguintes valores: *Symmeria paniculata* Benth. (51,07), *Orbignya phalerata* Mart. (41,44), *Bactris brongniartii* Mart. (36,64), Sp. 2 (27,74), *Inga cylindrica* Mart. (15,71), *Pithecolobium* sp. (13,98), *Crataeva tapia* L. (13,72), Sp.12 (12,34) e *Cecropia glaziovii* Snethlage (10,06).

No IVC (índice de valor de cobertura), *S. paniculata* Benth. também se destacou apresentando (41,50), seguida da *O. phalerata* Mart. (37,18), *B. brongniartii* Mart. (31,32), Sp. 2 (19,23) e Sp.12 (10,21).

Além das espécies tipicamente ripárias, nas matas ciliares também ocorrem espécies típicas de terra firme, e as zonas ripárias, desta forma, são também consideradas como fontes importantes de sementes para o processo de regeneração natural (GREGORY *et al.*, 1992). Apesar de sua importância, essas áreas não estão imunes às ações antrópicas. O impacto humano sobre várzeas da Amazônia está aumentando devido à agricultura, criação de gado e búfalos, exploração madeireira, projetos de construção civil, mineração e reservatórios para hidrelétricas (JUNK, 2000). No rio Zutiua, a situação não é diferente, além da constante retirada de madeira para usos dos moradores, a região é ocupada por extensas fazendas que convertem a vegetação nativa em pasto.

Qualquer alteração na estrutura das populações de uma determinada espécie ou mesmo a extinção se traduzem em mudanças na estrutura de toda a comunidade, especialmente mudanças ocasionadas por ações humanas, que são de grande preocupação para a conservação (SMITH & SMITH, 2001).

Há poucos estudos detalhados enfocando florestas de várzea ou igapó na Bacia Amazônica que enfatizam sua distinção em relação a outras florestas. Existe carência de pesquisas também em toda Bacia do rio Pindaré, especialmente na sub-bacia do rio Zutiua. Comparando com as florestas de terra firme, as florestas de várzea são caracterizadas por baixa diversidade e alta dominância de poucas espécies adaptadas a áreas inundadas. Em suma, a composição florística e a estrutura da vegetação das florestas de várzea parecem ser determinadas pela frequência e intensidade das inundações e perturbações antrópicas, tais como a extração de produtos de valor econômico (CATTANIO *et al.*, 2002). Além disso, tem que se levar em consideração a diferença significativa no número de espécies em relação ao gradiente de inundação que é provavelmente resultante das diferenças nos períodos de inundação ao longo do ano na área de estudo. No rio Zutiua, a região da margem que é sazonalmente inundada é dominada por poucas espécies, como já discutido anteriormente. Assim, os padrões de riqueza, diversidade e composição de espécies nas florestas inundadas parecem ser dependentes da duração da inundação (JUNK, 1989).

A mata ciliar do Rio Zutiua está fortemente degradada, restando apenas poucos remanescentes, basicamente compostos por uma vegetação baixa, característicos de uma vegetação secundária. Na maior parte do rio Zutiua, não há mais vegetação e suas margens sofrem com a



erosão, o tem acarretado o assoreamento do rio e como constatado pelos moradores da região, diminuição de sua profundidade e largura. É bastante discutida a importância fundamental da presença da vegetação ciliar para a manutenção dos processos básicos desempenhados pelo rio, beneficiando tanto as espécies nativas quanto o próprio o homem. Nesse caso, existe uma necessidade urgente de implantação de projetos que visem a recuperação da área e preservação do pouco que resta, através de ações como o plantio de espécies nativas, o combate das formas de uso predatórias da mata ciliar, respeitando a zona limite de desmatamento imposta pela legislação e negligenciada, principalmente pelos pecuaristas.

## ESTRUTURA DA PAISAGEM

Esta parte discorre sobre as formas de uso da terra, cujo foco principal é a pecuária, na região do entorno do rio Zutiua e seu impacto na sustentabilidade da mata ciliar.

## METODOLOGIA

### Influência da pecuária sobre a vegetação ciliar

Foram delimitados 10 pontos em diferentes distâncias da área de uso (pecuária) (Tabela 1). Em cada ponto foi alocada uma parcela, totalizando 10 parcelas de 10x50m (500 m<sup>2</sup>) para amostrar os indivíduos arbóreos. As parcelas foram dispostas perpendicularmente ao curso do rio, com o propósito de amostrar desde espécies que estão nas áreas mais baixas e sujeitas a inundações sazonais até as áreas mais altas e não afetadas pela inundação, observando assim mudanças fisionômicas da vegetação. Foram incluídos na amostragem todos os indivíduos com diâmetro do tronco a 1,30m do solo (DAP) igual ou superior a 5 cm. De cada indivíduo foram anotados o DAP e a altura total e coletadas amostras de material botânico. Este foi prensado em jornal e seco em estufa para posterior identificação.

Foi utilizada a análise de regressão linear para testar o efeito das áreas de uso (pecuária) sobre a estrutura da vegetação ciliar nos pontos amostrados nos seguintes parâmetros: riqueza, número de indivíduos, diâmetro e altura, a diferentes distâncias da área de uso (pecuária).

Tabela 1- Número de parcelas e suas distâncias para área de uso (pecuária) (DAU).

Parcela	DAU (m)
1	380
2	450
3	180
4	260
5	90
6	115
7	140
8	100
9	500
10	100

## Análise de “buffer”

Foi utilizado o Sistema de Informação Geográfica – SIG, ArcView 8.2 como instrumento de subsídio às análises. A estrutura da paisagem foi analisada através da análise de “buffer”. A análise de “buffer” é utilizada para a identificação de características geográficas das áreas circunvizinhas. O processo envolve a geração de uma zona tampão “buffer” em torno de características geográficas pré-determinadas, executa operações de busca de atributos de entidades pertencentes a uma camada geográfica específica, que estão localizados a uma determinada distância da entidade de referência (MILLER & SHAW, 2001).

O “buffer” foi gerado em torno do rio Zutiua, com a finalidade de definir distâncias “seguras”, ou zonas limite para o desenvolvimento de atividades, evitando assim que a vegetação no entorno do rio sofra grandes perturbações. A área que está dentro da distância especificada é chamada de “zona tampão”. As zonas tampão são muitas vezes criadas para proteger o meio ambiente, proteger as zonas residenciais e comerciais de acidentes industriais ou desastres naturais, até mesmo para prevenir a violência. Os tipos mais comuns de zonas-tampão podem ser desde cinturões verdes entre áreas residenciais e comerciais, zonas de fronteira entre os países, zonas de proteção contra ruídos nas imediações dos aeroportos, até zonas de proteção ao longo de rios (CHANG 2006).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas análises de regressão linear realizadas para testar o efeito das diferentes distâncias da área de uso nos valores de altura e diâmetro médios nos diferentes pontos coletados, não foi obtido valor significativo (Figuras 1 e 2), ou seja, os valores encontrados para esses parâmetros (valor de  $R^2$  para altura média = 0,105; valor de  $R^2$  para diâmetro médio = 0,00) nos diferentes pontos de coleta não tiveram relação com a distância da área de uso. Mesmo resultado foi obtido analisando os seguintes parâmetros: número de indivíduos ( $R^2 = 0,043$ ) e número de espécies ( $R^2 = 0,2$ ) (Figuras 3 e 4).

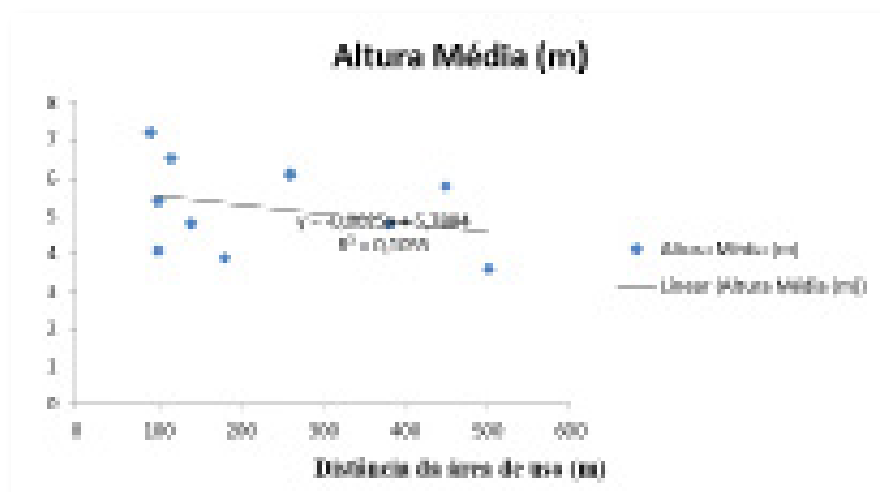


Figura 1- Altura média da vegetação ciliar do Rio Zutiua nos 10 pontos coletados a diferentes distâncias da área de uso (m).



Toda a área estudada está sob constante pressão. Os remanescentes de mata ciliar do rio Zutiua são caracterizados por uma vegetação secundária, altamente degradada, independente de sua proximidade com os locais ocupados pela pecuária. Isso provavelmente deve-se ao uso contínuo dos recursos florestais pelos moradores da região, que utilizam algumas espécies e acabam fazendo, desse modo, uma forma de exploração seletiva de madeira, alterando a estrutura da vegetação, com a presença de árvores com valores baixos de altura (em média 4 e 7 m de altura) e diâmetro (em média entre 10 e 20 cm de diâmetro). No entanto, é perceptível que o principal causador de perda de habitat e degradação da região é a criação extensiva de gado bovino.

Os resultados sugerem que a avaliação da estrutura da vegetação e seu estado de conservação é mais complexo para múltiplas espécies, particularmente porque quase todas as mudanças na estrutura da vegetação beneficiam algumas espécies, mas outras não. Por exemplo, uma vegetação altamente perturbada que se encontra nos estágios iniciais de sucessão pode ser o habitat primário para alguns táxons incluindo os de interesse de conservação, mas as espécies sucessionais tardias provavelmente estarão ausentes.

Embora seja ilegal, a população que mora próximo ao curso do Rio Zutiua, utiliza a mata ciliar de diferentes formas, na qual se destaca a coleta de madeira para diversos fins, o que configura como exploração seletiva de madeira, já que nem todas as espécies têm valor de uso humano, isso acaba alterando a estrutura da vegetação local. Além disso, nas margens do rio são abertas clareiras para a construção de acampamentos para pescadores, e devido a sua alta fertilidade, resultante do padrão de inundação sazonal, essas áreas também são utilizadas para o plantio de arroz e melancia durante o período de estiagem etc.

O suporte das populações em suas necessidades básicas como moradia, consumo de água, manutenção da produtividade nos setores agrícola e industrial que afetam diretamente a produção de alimentos e a disponibilidade de produtos é uma função do ambiente, assim apontou-se como principais indicadores de pressão do ambiente, na função de suporte de atividades e provedor de serviços, a densidade populacional, a produtividade industrial, a produtividade agrícola, o extrativismo vegetal e a pecuária (BRITO, 2011). Sabe-se que as florestas sempre foram fonte de recursos para os seres humanos, que durante séculos conseguiu utilizá-la de maneira sustentável, principalmente nas sociedades indígenas. Porém, nas últimas décadas a concentração de extensas áreas nas mãos de poucos proprietários (latifundiários), acarretou a restrição ao acesso dos povos nativos a áreas anteriormente visitadas para coleta de diversos materiais. Além disso, a maior parte dessas terras teve sua vegetação nativa retirada para serem ocupadas pela agricultura e pecuária, restando apenas poucos fragmentos de floresta, entre elas, a vegetação ciliar dos rios. Como consequência, os ribeirinhos ficaram sem ou com poucas alternativas, ficando restritos aos poucos fragmentos de mata restantes para a retirada dos recursos necessários, dessa forma, acabam atuando como agentes de degradação e simultaneamente são vítimas do sistema. Especialmente no caso estudado, os pescadores são os principais prejudicados pela péssima condição da vegetação ciliar encontrada na região.

Anteriormente ocupada por Floresta Ombrófila, a sub-bacia do Zutiua apresenta atualmente na maior parte de sua extensão, áreas com vegetação secundária resultante da modificação sofrida pela vegetação nativa original. Este tipo de vegetação é caracterizada pela predominância e manutenção das palmeiras (babaçu ou outras), e essas áreas são utilizadas para criação de gado, cultivo de pasto, arrendamento para o mesmo fim ou ainda para facilitar a extração do coco babaçu, que é uma fonte de renda alternativa para as famílias rurais (BRITO, 2011).

Na sub-bacia, a principal atividade promotora do desmatamento é a pecuária bovina em sistema extensivo, que é desenvolvida principalmente em regiões de babaçu e florestas om-

brófilas, áreas onde são observadas extensas plantações de pasto em encostas de morros e em relevos acidentados (LABGEO, 2010). Em vários trechos do rio Zutiua, simplesmente não existe mais vegetação ciliar, apenas pasto. São áreas abertas principalmente para que o gado possa beber água (obs. pes.). Situação similar foi encontrada por CARDOSO-LEITE *et al.* (2004) em um fragmento de mata ciliar em Rio Claro, São Paulo, onde o principal fator de degradação é a presença de bovinos e equinos na área.

Como consequência da proximidade das áreas de pecuária junto à mata ciliar, as margens do rio Zutiua sofrem também com o impacto causado pelo pisoteio do gado. O pisoteio animal atua sobre as características físicas do solo, aumentando a densidade e a microporosidade do solo, além da redução da porosidade total e da macroporosidade, acarretando alterações nas relações de ar, água e temperatura do solo e afetando negativamente a germinação, emergência, crescimento e produção das plantas. O efeito do pisoteio animal na compactação do solo, depende da categoria e da carga animal, entre outros fatores (VZZOTTO *et al.* 2000).

O uso inadequado do solo nas margens de mananciais pode acarretar diminuição significativa da qualidade da água, o que na maioria das vezes, dificulta e encarece o seu tratamento. Além disso, o histórico de ocupação de uma área originalmente coberta por vegetação ciliar pode determinar sua capacidade e velocidade de regeneração (GASPARINO *et al.*, 2006). Observa-se atualmente em toda a região da Sub-bacia, um avançado grau de degradação das margens especialmente do rio Zutiua, acarretando o assoreamento do mesmo. Muitos moradores locais, em geral pescadores, relataram a diminuição da profundidade do rio ao longo dos anos e a consequente redução do pescado. Essa realidade é alarmante, visto que, grande da população que reside próximo ao Rio Zutiua, têm a pesca como principal fonte de renda e obtenção de proteína animal.

As zonas tampão “buffer” são bastante úteis na tomada de decisão dos municípios, pois auxiliam e direcionam as formas de uso da terra, contribuindo para o manejo e consequente sustentabilidade da área. Seus resultados sugerem até onde as atividades antrópicas podem ir afetando o mínimo possível a vegetação, restringindo dessa forma, o avanço da pecuária em direção a mata ciliar. Podem ser usados com a finalidade de realizar acordos entre a prefeitura local e os fazendeiros.

Na Análise de “buffer”, quanto mais próximo a área de uso (pecuária) estiver da zona azul (considerada zona limite), maior a susceptibilidade da mata ciliar. No mapa gerado (Figura 5), praticamente toda área ao redor do “buffer” do rio Zutiua está ocupada pelas classes “área antropizada”, composta principalmente pela pecuária e pela vegetação secundária. Essas classes de uso ainda não chegaram na zona limite (azul), porém trata-se de um mapa em ampla escala, ou seja, a falta de detalhamento pode comprometer uma análise mais apurada. Na realidade, o observado “in loco”, são áreas em que grande parte da vegetação ciliar foi suprimida, sendo substituída por pastagem (principalmente ao norte da sub-bacia). Em contraste com o rio situado mais ao sul da sub-bacia, que está localizado dentro da reserva indígena de Araribóia, mantendo-se dessa maneira mais conservado, com a região no entorno composta predominantemente por floresta ombrófila densa.

BRITO (2011), analisando o mapa de uso e cobertura da Sub-bacia Zutiua, percebeu um gradiente nítido na cobertura vegetal nativa entre a região norte e o sul da sub-bacia. A região sul apresentou mais de 90% das células com cobertura de vegetação nativa variando entre 80 e 100%, enquanto a maior quantidade de células com cobertura menor que 25% encontra-se no meio norte da sub-bacia. Ainda em escala local, observou-se que a porcentagem de células com cobertura vegetal nativa menor ou igual a 25% representam 58,73% do total de células amostradas, o que demonstra um alto grau de fragmentação da região, que supera 50% da área total

da sub-bacia do Zutuia. Considera-se então, que mais da metade da área da sub-bacia teve sua cobertura vegetal nativa removida ou bastante modificada. Em escala regional, a porcentagem de células com cobertura vegetal nativa inferior a 25% é bem similar, apresentando 59,52% do total de células amostradas.

Toda a região ocupada pela Sub-bacia Zutuia vêm sofrendo ao longo de anos com a pressão causada pelo desmatamento, com a predominância dos grandes latifundiários, principalmente os criadores de gado. Essa atividade converteu imensas áreas de vegetação nativa em pastagens. Essa realidade é bastante perceptível no norte da Sub-bacia, já ao sul, nota-se que grande parte da vegetação nativa ainda encontra-se relativamente conservada, consequência da presença da Reserva Indígena de Araribóia.

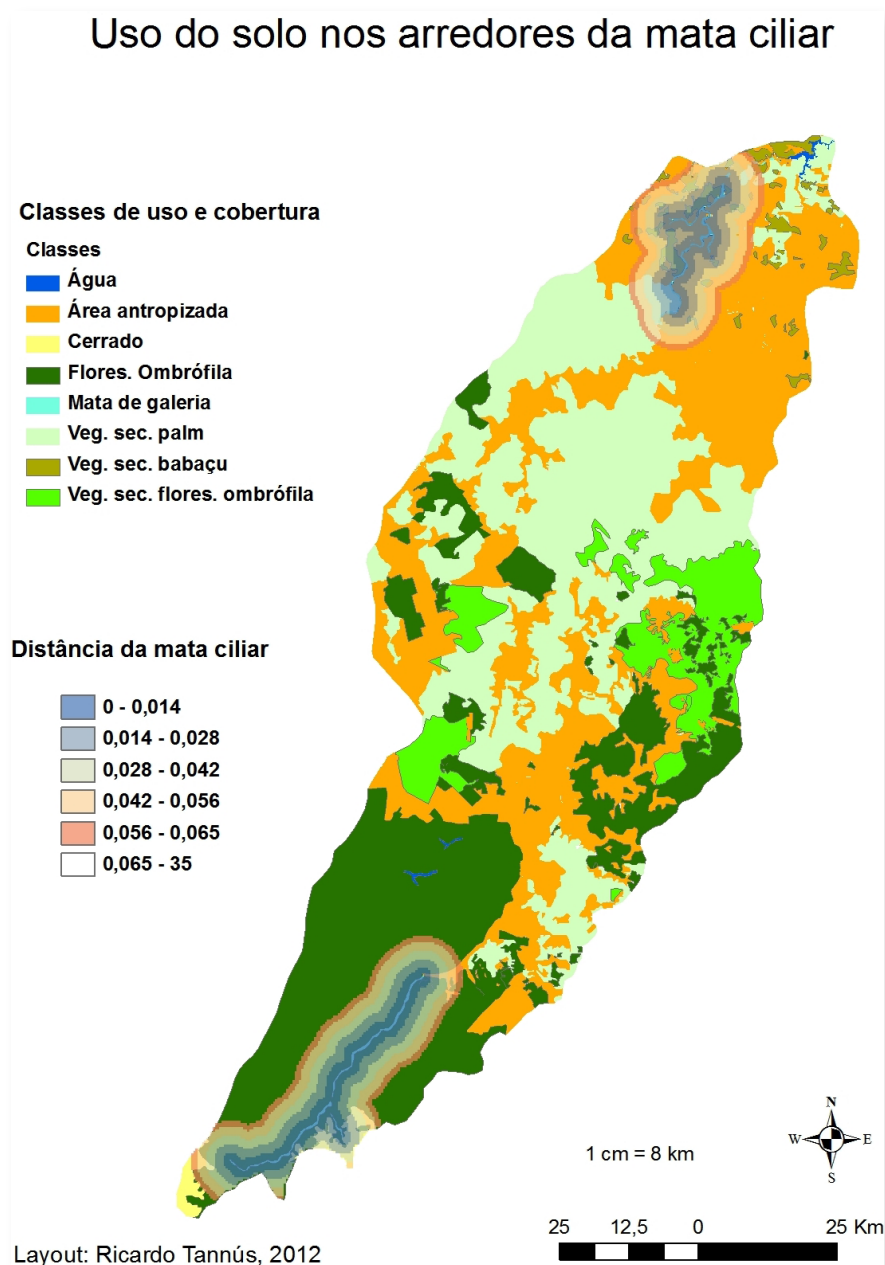


Figura 5 - "Buffer" gerado para a Sub-bacia do Zutuia.

No mapeamento da região realizado pelo LABGEO (2010), na escala de 1:100.000, estima-se que cerca de 2.824,47 km<sup>2</sup> da área dos municípios situada dentro da sub-bacia do Zutiua são ocupadas por pecuária bovina, o que representa 28,75% da área total dela. Esses dados são perceptíveis visualizando-se o mapa do "buffer", no qual é observado que as principais classes de uso que compõem o norte da Sub-bacia são: área antropizada (pecuária), vegetação secundária com palmeiras e fragmentos com vegetação secundária com babaçu.

A sub-bacia do Zutiua possui uma área total de 9.825km<sup>2</sup> e desta área ~60% apresenta cobertura vegetal nativa inferior a 25%, ou seja, ela encontra-se em estado crítico de fragmentação do habitat, na escala regional (BRITO, 2011).

As implicações da fragmentação para os organismos são muitas e variadas, porque as espécies com diferentes estratégias de história de vida são afetadas de formas diferentes. Além dos efeitos de perda de habitat, os efeitos negativos da fragmentação da floresta incluem, o aumento na suscetibilidade ao fogo, aumento da mortalidade de árvores, mudanças na composição de espécies, dispersão de sementes e predação, acesso mais fácil ao interior de floresta levando a um aumento da caça e extração dos recursos que permanecem nos fragmentos, este efeito é muito comum nos fragmentos estudados, como já discutido anteriormente, essas áreas acabaram se tornando a única fonte de recursos (principalmente madeira), para a comunidade local. Além disso, os habitats fonte que estão isolados ficam expostos a condições externas, resultando em uma erosão progressiva da diversidade biológica. Finalmente, os remanescentes estão expostos aos chamados "efeitos de borda", que têm um impacto significativo sobre espécies que vivem nas manchas de habitat (MURCIA, 1995).

No entanto, sabe-se que paisagens fragmentadas são compostas por um mosaico de habitats de diferentes qualidades para fauna e flora. As paisagens fragmentadas pelo homem mantêm algum grau de conectividade terrestre através da matriz de habitats modificados ao redor dos fragmentos. Entretanto, a perda de habitat tende a diminuir os tamanhos dos fragmentos aumentando as distâncias entre as manchas de habitats, como consequência há uma diminuição na conectividade da paisagem.

Os remanescentes de mata ciliar do rio Zutiua, encontram-se altamente fragmentados e praticamente isolados, imersos em uma matriz altamente desfavorável (pastagem) para a dispersão e recolonização das espécies, o que reflete a longo prazo a sobrevivência e manutenção de grande parte das espécies nativas e diminuindo a capacidade das matas ciliares de atuarem como corredores de fluxo gênico.

As extinções locais em populações fragmentadas são bastante comuns, principalmente espécies mais sensíveis a esse processo. Assim, para que haja a sobrevivência regional é necessário que ocorra a recolonização das manchas de habitat (KINDLMANN & BUREL, 2008). Ou seja, as espécies estão mais aptas a sobreviver dentro redes de fragmentos que estão suficientemente interligados por indivíduos dispersantes (BOWNE & BOWERS, 2004). E a recolonização das manchas de habitat irá depender da disponibilidade de dispersão dos indivíduos e pela facilidade com que esses eles podem se mover dentro da paisagem, essa característica é conhecida como conectividade da paisagem. Dela depende a sobrevivência das espécies a longo prazo nos fragmentos (BRIERS, 2002).

Os efeitos deletérios da fragmentação sobre as espécies são bastante complexos e a vegetação ciliar do rio Zutiua, têm sua dinâmica afetada de diferentes formas em consequência desse processo, como por exemplo a polinização. Nas plantas polinizadas por animais, o sucesso reprodutivo pode ser negativamente relacionada com a distância entre as manchas de habitat.

Vários estudos documentaram menor sucesso em populações isoladas ou fragmentadas. Além disso, mesmo quando polinizadores tem sucesso em percorrer longas distâncias entre as áreas, a qualidade do pólen transferido pode diminuir. Por exemplo, os polinizadores generalistas podem visitar uma variedade de espécies, quando viajam longas distâncias, diminuindo assim o sucesso reprodutivo, isso afeta a dinâmica vegetacional, levando muitas espécies a extinção local (GROOM, 2001).

São diversas as variáveis e fatores que atuam na dinâmica de paisagens, influenciando de diferentes maneiras, tanto os parâmetros biológicos como os sociais. A maneira como o homem (principal agente na atualidade na modificação de paisagens) atua nas formas de uso da terra, tem implicações no contexto da sociedade, e também na conservação dos recursos naturais.

A restauração de formações ciliares certamente tem suas possibilidades de sucesso ampliadas quando inserida no contexto de bacias hidrográficas (ou como no presente estudo em um contexto de sub-bacia), principalmente quando a restauração tem suas justificativas na questão hídrica e social, com consequente adequação do uso dos solos do entorno e da própria área a ser restaurada, a preservação da interligação de remanescentes naturais, a proteção de nascente e olhos d'água, etc. Em nível de sub-bacia hidrográfica é possível identificar a extensão das áreas que são inundadas periodicamente pelo regime de cheias dos rios e a duração do período de inundação (TRES *et al.*, 2011).

Diante da grande problemática relacionada com alto grau de degradação da sub-bacia do Zutiua, é urgente a adoção de medidas que visem dar suporte às ações de restauração ambiental, considerando as diversas formas de uso dos solos e as necessidades das comunidades.

Recuperar áreas degradadas não é tarefa fácil, muito menos simples, porém quando ela é antecedida por pesquisas que estudam todo o contexto de uso da paisagem, as ações de restauração se tornam mais eficazes. As fazendas de criação extensiva de gado são os principais agentes de desmatamento dos poucos fragmentos de floresta ciliar do rio Zutiua, sendo, portanto, o foco principal de direcionamento de ações de planejamento da região.

A gestão dos recursos naturais muitas vezes envolve um custo de oportunidade aos proprietários de terras (NAIDOO *et al.*, 2006). Isso associado com os custos de implantação iniciais, os custos de oportunidade associados com os custos de produção agrícola ou pecuária são uma das principais barreiras econômicas para a adoção de manejo de recursos naturais pelos proprietários (MENDHAM *et al.*, 2007). No entanto, considera-se que programas de restauração só podem ser bem-sucedidos se os proprietários rurais enxergarem os reflorestamentos como atrativos, proporcionando benefícios e pagamentos por bens e serviços ecológicos, como: melhoria da qualidade e aumento da quantidade de água produzida, sequestro de carbono e conservação da biodiversidade (LAMB *et al.*, 2005).

Algumas medidas de gestão dos recursos hídricos podem ser adotadas pelos tomadores de decisão dos municípios com o objetivo de minimizar os impactos causados pela influência humana. Respeitar as áreas de preservação permanente de acordo com a legislação ambiental, e manter uma fiscalização efetiva através dos órgãos ambientais responsáveis. Medidas de controle, monitoramento e/ou licenciamento da ocupação urbana, programa de educação ambiental, suspensão temporária do funcionamento de atividades degradantes e criação de Unidade Municipal de Conservação são algumas medidas mitigadoras (IMESC, 2009).

Por isso, há a necessidade de um planejamento territorial. Estes podem, efetivamente, ajudar a controlar a fragmentação do ambiente. Em primeiro lugar, tais planejamentos baseiam-se na



necessidade de um profundo conhecimento ecológico e, em seguida, devem ser bem sucedidos no desenvolvimento de indicadores adequados que podem ser usados para criar cenários alternativos com base nas decisões de transformação que poderão ser tomadas e ajustadas (BRITO, 2011).

## CONCLUSÕES

A mata ciliar do Rio Zutuia encontra-se em um avançado grau de degradação, causada principalmente pela pecuária, observando-se em muitas áreas na margem do rio, a substituição da vegetação ciliar por pastagens. As áreas de mata remanescentes são caracterizadas pela presença de espécies secundárias e pelo grande número de indivíduos jovens, como foi observado pelos valores baixos obtidos de altura e DAP, que demonstram o uso intenso e constante da vegetação.

A espécie *Symmeria paniculata* Benth foi a espécie que obteve o maior valor de IVI, sendo muito comum na mata ciliar inundável (igapó), áreas que limitam o desenvolvimento da maioria das espécies, com predominância de espécies que resistem a longos períodos submersas.

As diferentes distâncias dos remanescentes florestais da área de uso (pecuária) não influenciaram a estrutura da vegetação, com todos os pontos amostrados obtendo valores semelhantes nas variáveis estudadas: riqueza, número de indivíduos, diâmetro e altura. Foi constatado que essas áreas além da pressão causada pela pecuária sofrem com a extração seletiva de madeira pela população que vive próximo ao rio Zutuia.

Na análise de “buffer”, o mapa gerado mostrou até aonde a pecuária poderia se expandir sem afetar a mata ciliar. O que foi observado “in loco” foi que vastas áreas já não possuem vegetação ciliar no rio Zutuia, em decorrência da presença da pecuária. No entanto, a importância do uso de mapas, especialmente a geração de zonas tampão “buffer” auxiliam no manejo das áreas, através da definição de limites seguros para a realização das atividades humanas, garantindo o mínimo de impacto possível às áreas de vegetação remanescentes, nesse caso, a vegetação ciliar do rio Zutuia. Focando, dessa maneira, o planejamento, manejo e tomadas de decisões também acerca da recuperação de áreas degradadas. Sua utilização tem aumentado bastante ao longo dos últimos anos, tornando-se cada vez mais indispensáveis nesse processo. Esse mapa será importante para tomadas de decisão no município.

## REFERÊNCIAS

- ASNER, G.P.; BROADBENT, E.N.; OLIVEIRA, P.J.C.; KELLER, M.; KNAPP, D.E.; SILVA, J.N. Condition and fate of logged forests in the Brazilian Amazon. **Proceedings of the National Academy of Sciences** 103, 12947–12950. 2006.
- BARRETO, L.N. 2008. **Projeto de Pesquisa: Bacia do Pindaré: Ferramentas para conservação e manejo integrado dos recursos naturais, Maranhão, Brasil**. Relatório Capes - Programa Wageningen.
- BOWNE, D.R.; BOWERS, M.A. Inter patch movements in spatially structured populations: a literature review. **Landscape Ecology** 19, 1–20. 2004.
- BRAGA, K.R.R. **Avaliação da sustentabilidade das formas de uso e manejo de matas ciliares do alto curso do Rio Pericumã, Baixada Maranhense**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Maranhão. 2006. 60p.

- BRIERS, R.A. Incorporating connectivity into reserve selection procedures. **Biol Conserv** 103, 77–83. 2002
- BRITO, M.P.L. **Subsídios para conservação e planejamento territorial da sub-bacia Zutiua, Maranhão, Brasil**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Maranhão. 2011. 110p.
- CARDOSO-LEITE, E.; COVRE, T.B.; OMETTO, R.G.; CAVALCANTI, D.C.; PAGANI, M.I. Fitossociologia e caracterização sucessional de um fragmento de mata ciliar, em Rio Claro/SP, como subsídio à recuperação da área. **Rev. Inst. Flor.** 16(1): 31-41. 2004.
- CATTANIO, J.H; ANDERSON, A.B & CARVALHO, M.S. 2002. Floristic composition and topographic variation in a tidal floodplain forest in the Amazon Estuary. **Revista Brasileira de Botânica** 25(4): 419-430.
- CRAWFORD, R.M.M. 1989. **Studies in plant survival**. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- CORBACHO, C.; SANCHEZ, J.M. & COSTILLO, E. Patterns of structural complexity and human disturbance of riparian vegetation in agricultural landscapes of a Mediterranean area. **Agriculture Ecosystems and Environment** 95, 495-507. 2003.
- FELFILI, J.M.; MENDONÇA, R.C.; WALTER, B.M.T.; SILVA JÚNIOR, M.C.; NÓBREGA, M.G.G.; FAGG, C.W.; SEVILHA, A.C.; SILVA, M.A. Flora Fanerogâmica das Matas de Galeria e Ciliares do Brasil Central. In: RIBEIRO, J.F.; **C.E.L.** 2001.
- FORMAN, R.T.T.; COLLINGE, S.K. Nature conserved in changing landscapes with and without spatial planning. **Landscape and Urban Planning** 37(1): 129-135. 1997.
- GASPARINO, D.; MALAVASI, U.C.; MALAVASI, M.M.; SOUZA, I. Quantificação do banco de sementes sob diferentes usos do solo em área de domínio ciliar. **Revista Árvore** 30(1): 1-9. 2006.
- GREGORY, S.V.; SWANSON, F.J.; MCKEE, W.A. & CUMMINS, K.W. 1992. An ecosystem perspective of riparian zones. **BioScience** 41(8): 540-551.
- GOULDING, M. 1980. Interactions of fishes with fruits and seeds. Pp. 217-232. In: **The Fishes and the Forest: Exploration in Amazonian Natural History** (M. Goulding, ed.). University of California, Berkeley.
- GROOM, M.J. Consequences of subpopulation isolation for pollination, herbivory, and population growth in *Clarkia concinna concinna* (Onagraceae). **Biological Conservation** 100, 55-63. 2001.
- IMESC: **Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos. Indicadores Ambientais do Estado do Maranhão / Instituto Maranhense de Estudos socioeconômico e cartográfico**. São Luís, 2009.
- JUNK, W.J.; BAYLEY, P.B. & SPARKS, R.E. 1989. The flood pulse concept in riverfloodplain systems. Pp. 110-127. In: **Proceedings of the International Large River Symposium** (D.P. Dodge, ed.). Canadian Publications Fisheries Aquatic Sciences 106.
- JUNK, W.J. 2000. Mechanisms for development and maintenance of biodiversity in neotropical floodplains. Pp. 119–139. In: **Biodiversity in wetlands: assessment, function and conservation** (B. Gopal, W.J. Junk & J.A. Davis, eds.). Vol. 1. Leiden: Backhuis.
- KAGEYAMA, P.; GANDARA, F.B. Recuperação de áreas ciliares. In: RODRIGUES, R.R. e LEITÃO-FILHO, H. (Ed.). **Matas Ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: Universidade de São Paulo. 2 ed. p. 249-269. 2000.

- KINDLMANN, P.; BUREL, F. Connectivity measures: a review. **Landscape Ecology** 23, 879–890. 2008.
- LAMB, D.; ERSKINE, P. D.; PARROTA, J. A. Restoration of degraded tropical rain forest landscapes. **Science** 310, 1628-1632. 2005.
- LIMA, W.P.L. & ZAKIA, M.J.B. 2000. Hidrologia de Matas Ciliares. Pp. 33- 44. In: **Matas ciliares: conservação e recuperação** (R.R. Rodrigues & H.F. Leitão Filho, eds.). Editora da USP/Fapesp, São Paulo.
- MAIA, L.M. 1997. **Influência do Pulso de Inundação na Fisiologia, Fenologia e Produção de Frutos de Hevea spruceana (Euphorbiaceae) e Eschweilera tenuifolia (Lecythidaceae), em áreas inundáveis de igapó da Amazônia Central**. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Amazonas, Manaus.
- MULLER, C.C. 1998. Gestão de matas ciliares. Pp. 185-214. In: **Gestão Ambiental no Brasil: experiência e sucesso** (I.V. Lopes, ed.). Rio de Janeiro, Editora Fundação Getúlio Vargas.
- MARGULIS, S. **Causas do Desmatamento da Amazônia Brasileira**. Banco Mundial. Brasília, Editora Estação Gráfica. 100p. 2003.
- MARTINS, S.V. **Recuperação de Matas Ciliares**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil. 143p. 2001.
- MCGARIGAL K.; MARKS, B.J. **FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantify landscape structure**. USDA. Forest Service Pacific Northwest Research Station, Portland, OR 122p. 1995.
- MENDHAM, E.; MILLAR, J.; CURTIS, A. Landholder participation in native vegetation management in irrigation areas. **Ecological Management & Restoration** 8, 42–48. 2007.
- MUELLER, C.C. Gestão de matas ciliares. In: LOPES, I.V. (ed.). **Gestão Ambiental no Brasil: experiência e sucesso**. Rio de Janeiro, Editora Fundação Getúlio Vargas. p. 185-214. 1998.
- MURCIA, C. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. **Trends in Ecology and Evolution** 10, 58–62. 1995.
- NAIDOO, R.; BALMFORD, A.; FERRARO, P.J.; POLASKY, S.; RICKETTS, T.H.; ROUGET, M. Integrating economic costs into conservation planning. **Trends in Ecology & Evolution** 21, 681–687. 2006.
- NUNES, Y.R.F.; MENDONÇA, A.V.R.; BOTEZELLI, L.; MACHADO, E.L.M. & OLIVEIRA-FILHO, A.T. 2003. Variações da fisionomia, diversidade e composição de guildas da comunidade arbórea em um fragmento de floresta semidecidual em Lavras, MG. **Acta Botanica Brasilica** 17(2): 213-229.
- OPDAM, P.; VERBOOM, J.; POUWELS, R. Landscape cohesion: an index for the conservation potential of landscapes for biodiversity. **Landscape Ecology** 18, 113- 126. 2003.
- PEREIRA, J.L.G.; BATISTA, G.T.; THALÊS, M.C.; ROBERTS, D.A.; VENTURIERI, A.V. Métricas da paisagem na caracterização da evolução da ocupação da Amazônia. **Geografia** 26(1): 59-90. 2001.
- PINHEIRO, C.U.B.; Santos, V.M. & Ferreira, F.R.R. 2005. Usos de subsistência de espécies vegetais na região da Baixada Maranhense. **Amazônia: Ci. & Desenv.** 1(1): 235-250.
- RODRIGUES, R.R. & GANDOLFI, S. 1998. Pp. 203-215. Restauração de florestas tropicais: subsídios para uma definição metodológica e indicadores de avaliação e monitoramento. In: **Recuperação de Áreas Degradadas** (L.E. Dias & J.W.V. Melo, eds.). UFV. Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas.

SALAMENE, S.; FRANCELINO, M.R; VALCARCEL, R.; LANI, J.L & SÁ, M.M.F. 2011. Estratificação e caracterização ambiental da área de preservação permanente do rio Guandu, RJ. **Revista Árvore** 35(2): 221-231.

SALVADOR, J.L.G. 1986. Comportamento de espécies florestais nativas em áreas de depleção de reservatórios. **Ipef** 33: 73-78.

SHEPHERD, G.J. 1995. **Fitopac 1. Manual do usuário**. Departamento de Botânica, UNICAMP.

SMITH, R.L. & SMITH, T.M. 2001. **Ecology & Field Biology**. 6 ed. Benjamin Cummings, San Francisco.

SOUZA, M.O. 2010. **Sustentabilidade das formas de uso e manejo de matas ciliares na área lacustre de Penalva, Baixada Maranhense**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Maranhão, São Luís.

TRES, D.R.; GUINLE, M.C.T.; FREITAS, Z.H. Exemplos de restauração- mata ciliar. In: **Apostila de restauração ambiental sistêmica do laboratório de ecologia florestal**. Universidade Federal de Santa Catarina. Departamento de Botânica. 2011.

TURNER, M.G. Spatial simulation of landscape changes in Georgia: a comparison of 3 transition models. **Landscape Ecology** 1(1): 27-39. 1987.

VIANA, V.M.; TABANEZ, A.A.J. & MARTINEZ, J.L.A. 1992. Restauração e manejo de fragmentos florestais. Pp. 400-407. In: **II Congresso Nacional sobre Essências Nativas, Instituto Florestal de São Paulo**. São Paulo.

VZZOTTO, V.R.; MARCHEZAN, E.; SEGABINAZZI, T. Efeito do pisoteio bovino em algumas propriedades físicas do solo de várzea. **Ciência Rural** 30(6): 965-969. 2000.

## CAPÍTULO 5

# IMPACTO DO USO DA TERRA SOBRE A HERPETOFAUNA E PAISAGEM NA REGIÃO DO MÉDIO PINDARÉ, MARANHÃO, BRASIL: SUBSÍDIOS PARA SUSTENTABILIDADE

Fabrcia de Lima Brito; Larissa Barreto; Milton Cezar Ribeiro;  
Naíla Arraes de Araujo; Denilson da Silva Bezerra.

## INTRODUÇÃO

O crescimento acelerado da população humana tem aumentado a pressão por recursos em todo o planeta, levando a uma ampla conversão de florestas em áreas de uso de terra. Essa conversão tem transformado extensas áreas florestadas em várias áreas menores chamadas de fragmentos que formam um mosaico de paisagens com áreas não florestadas (METZGER, 2006).

A fragmentação é um processo que modifica toda a paisagem e não somente a distribuição espacial dos habitats que lá existem, além de influenciar fortemente nas comunidades (FORO-MEDINA & VIEIRA, 2007) e nos processos ecológicos que nele acontecem (METZGER, 2006), como mostrados por SILVA & ROSSA-FERES (2011) para anuros de áreas abertas.

Mas nem sempre a formação dos fragmentos pode causar um grande impacto sobre a biodiversidade. Isto depende: do planejamento prévio para a expansão das áreas de uso, da qualidade que os fragmentos apresentam, das características da matriz que circunda este fragmento (DELAMÔNICA *et al.*, 2001), da proximidade entre fragmentos, das exigências que as espécies apresentam para permanência nos mesmos (METZGER, 2006) ou mesmo do estabelecimento de políticas que respeitem os limites sustentáveis de uso dos recursos naturais e ocupação do território que podem ser baseadas no conhecimento da configuração espacial das áreas de interesse (DELAMÔNICA *et al.*, 2001).

Hoje está cada vez mais comum a utilização de estudos em ecologia da paisagem através dos estudos da distribuição espacial dos fragmentos e das formas de uso da terra combinados com Sistemas de Informação Geográfica (SIG) como instrumentos no planejamento da conservação da natureza e na delimitação de áreas prioritárias para a conservação (ACHARD *et al.* 2012, AZEVEDO, 2006; WIENS *et al.*, 2009).

O uso de imagens de satélite permite a comparação entre momentos distintos da evolução do uso na terra ao longo do tempo e do espaço, além de mostrar tendências na ocupação da terra. Estas tendências possibilitam a identificação de possíveis cenários de expansões do uso e assim subsidiar discussões e políticas públicas que direcionem esta expansão de forma sustentável (BARRETO *et al.*, 2010).

No Brasil, as mudanças na estrutura de paisagens naturais têm se tornando cada vez mais constantes como resultado do aumento da expansão desenfreada e desorganizada de áreas urbanas, de agricultura, da extração de madeira (GEIST & LAMBIN, 2002; CEMIN, *et al.*, 2011) e da pecuária. Esta modificação, geralmente, leva a produção de fronteiras de áreas naturais com áreas modificadas, que muitas vezes impedem a dispersão e migração (permeabilidade) de espécies para áreas mais próximas, isolando-as nos fragmentos (METZGER, 2006).

No Maranhão, pouco se conhece sobre a estruturação espacial da paisagem e o impacto que a expansão agrícola, pecuária e urbana tem causado na região, principalmente no interior do Estado, com exceção dos estudos publicados de Barreto (BARRETO *et al.*, 2010) no município de Balsas. Daí a necessidade de desenvolver estudos que foquem a composição espacial da paisagem para a tomada de decisão sobre o planejamento territorial da região e análise a influencia dessa paisagem sobre a biodiversidade e ecossistemas.

## Herpetofauna

No Brasil, a fauna e a flora são consideradas umas das mais diversas da América Central e Sul, no entanto o que concerne ao conhecimento da herpetofauna nós deixamos muito a desejar (RODRIGUES, 2012). Dentre as regiões brasileiras, as que apresentam a maior biodiversidade de lagartos e anfisbaenideos (109 espécies), serpentes (138 espécies) e anfíbios (163 espécies) é a Amazônia (RODRIGUES, 2012; BARRETO *et al.*, 2011).

Para o Nordeste do Brasil, em especial para a Amazônia Brasileira este conhecimento é quase inexistente, com poucas publicações na área (BARRETO *et al.*, 2011). Segundo LEWINSOHN & PRADO (2003), dos inventários faunísticos publicados no Brasil, apenas 10% são referentes a região nordeste. Para o Maranhão a situação se torna mais complicada, dos poucos estudos publicados, prevalece os próximos a capital, especificamente sobre biologia reprodutiva de anfíbios (HASS, 1992; BARRETO & ANDRADE, 1995) e distribuição espacial e temporal de anuros (CANTANHEDE, 1999; MELO, 2001).

## Variáveis Ambientais e da Paisagem x Herpetofauna

Em estudos ecológicos uma das abordagens mais comuns é o da compreensão ou pelo menos tentativa de compreensão dos padrões de riqueza, abundância e diversidade das espécies estudadas (BEGON *et al.*, 1996). Esses padrões podem variar de acordo com diversas condições: topografia, clima, vegetação e fenômenos históricos (DUELLMAN, 1999) e sobre o efeito das atividades humanas (para a herpetofauna de liteira - atividade madeireira, PEARMAN, 1997; agricultura, PEARMAN, 1997; alterações no estágio sucessional da flora, HEINEN, 1992). Estas atividades tem aumentado a urgência de se conhecer essas comunidades biológicas e comunicar as essas perdas a comunidade social (HEYER, *et al.*, 1994) e científica antes que sejam totalmente dizimadas, principalmente em regiões afetadas por impactos constantes, como o desmatamento e queimadas na Amazônia.

Parte dos trabalhos publicados que relacionam variáveis ambientais com a composição da herpetofauna tratam de espécies da serrapilheira. Em regiões mais restritas ou em escala local, é mais difícil ainda determinar os fatores que influenciam nos padrões ecológicos da herpetofauna. Embora haja essa dificuldade, alguns estudos tentam demonstrar as relações entre diversidade, riqueza, abundância da herpetofauna, ou todos juntos, não especificamente considerando a fauna da serrapilheira: DIXO & VERDADE (2006) demonstraram que a estrutura da paisagem em diferentes áreas da mata atlântica influencia na composição de espécies da herpetofauna, assim como especificamente a de lagartos é influenciada diretamente pela matriz circundante do fragmento.

Muitos fatores tem sido testados, demonstrando como é complexo o entendimento do comportamento da fauna em relação às diversas variáveis. Mesmo não se chegando a consensos fechados, a gama cada vez maior de publicações neste sentido ajudam a aumentar cada vez mais o conhecimento de fatores de real influencia sobre a distribuição, abundância, riqueza de espécies e necessidades ecológicas e são de vital importância no planejamento, elaboração e implementação de estratégias de conservação (ROCHA *et al.* 2006).

Este estudo teve por objetivo avaliar a influência de configuração da paisagem local sobre a abundância e a riqueza de espécies da herpetofauna através das análises estatísticas de Correção de Pearson e Análise de Múltiplas hipóteses Concorrentes sobre hipóteses definidas a priori.

## METODOLOGIA

### Área de estudo

O estudo foi desenvolvido na região do Médio Pindaré, na Bacia Hidrográfica do rio Pindaré, no município de Tufilândia.

O município escolhido Tufilândia está localizado a 120,84 km em linha reta da capital. Este município fica situado entre as coordenadas 45°39'43"W, 3°37'34"S como canto superior esquerdo e 45° 29'57"W, 3°54'53"S como o canto inferior esquerdo e apresenta os mesmos problemas que citamos para a região em geral, além de também ser cortado pela estrada de ferro Carajás da empresa Vale.

A escolha desta área se deu principalmente pela sub-bacia do Zutiua, inserida a região do médio Pindaré, possuir mapeamento de uso e cobertura e de solos, com escala de 1:100.000, realizados pelo LABGEO (2011) e confirmados com visitas ao campo, o que facilita o uso de modelos e de várias análises de paisagem.

### Dados da Herpetofauna

Foram feitas visitas periódicas no período de Abril a Novembro de 2011 ao município de Tufilândia, as margens do Rio Zutiua, um dos que compõe a região do médio Pindaré para coletas de dados sobre herpetofauna em pontos amostrais preestabelecidos de forma sistemática. As observações foram feitas por procura ativa para a identificação de espécies presentes nas áreas, e as coletas apenas de indivíduos não identificados no local. A procura ativa é entendida como a caminhada aleatória em ritmo lento através de trilhas pré-determinadas, próximo a lagoas, com observações de troncos das árvores ou troncos caídos, galhos caídos, folhido do chão, pedras, bromélias e vegetação herbácea e gramínea.

Foram delimitados 8 pontos de coleta (Figura 1), onde foi realizada a procura limitada por tempo com duração de 2 horas no período diurno e 6 horas no período noturno, com espaço percorrido de aproximadamente 200 m em cada ponto. Somando para cada ponto 8 horas que no total perfazem 64 horas de procura ativa.

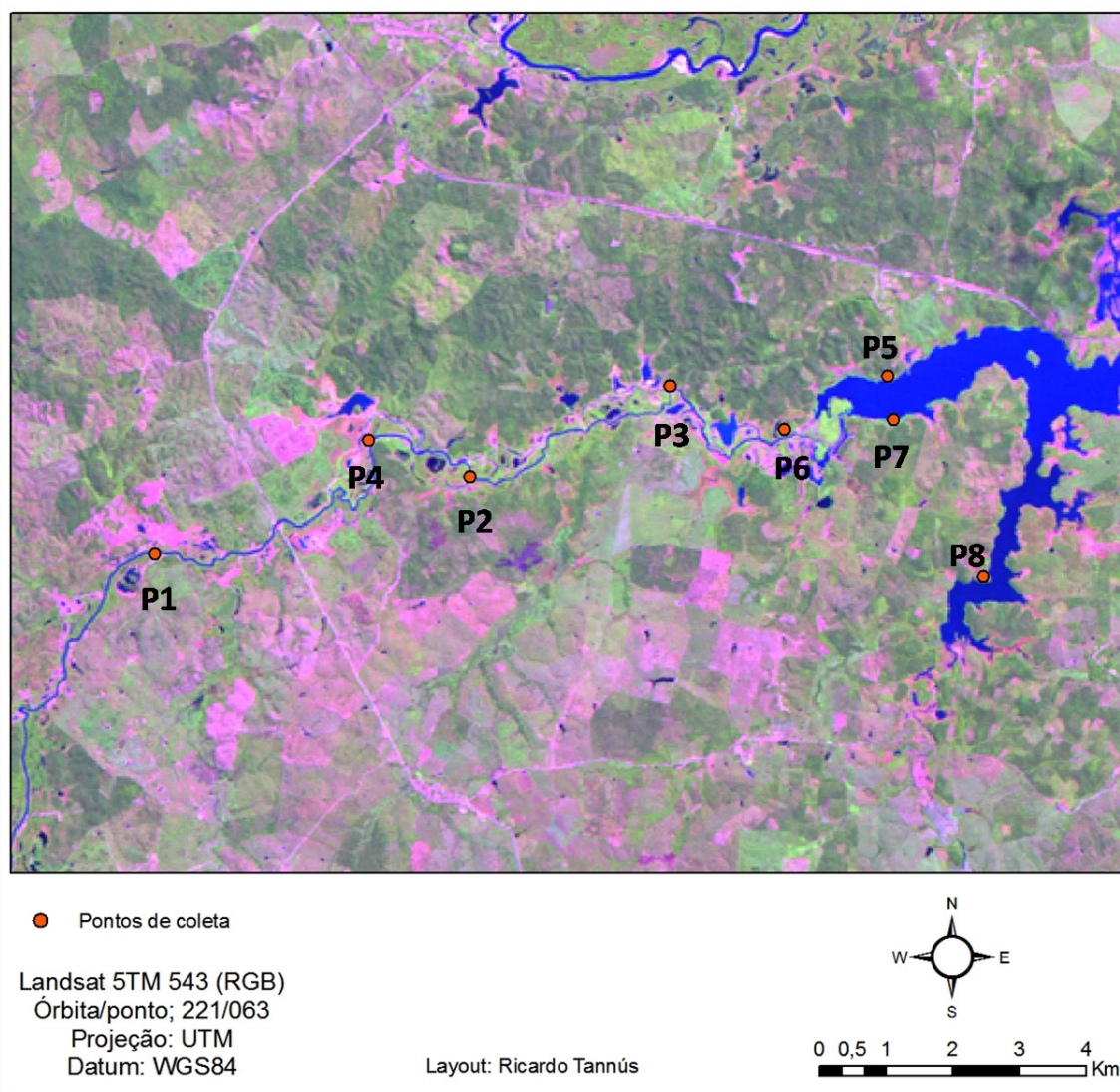


Figura 1: Localização dos 8 pontos de coleta de espécies de herpetofauna no Rio Zutuia, município de Tufilândia, Maranhão.

## **Análises Estatísticas:**

### **Riqueza e Abundância**

Para a análise da riqueza (S), diversidade ( $H'$ ) foi utilizado o índice de diversidade de Shannon-Wiener através do programa PAST (PAleontological STatistics) (HAMMER *et al.*, 2001), com significância 95%. A abundância foi calculada pelo acúmulo de indivíduos coletados ao longo dos pontos de amostragem. A riqueza é representada pelo número total de espécies observadas e a diversidade é representada pela variedade de espécies de uma determinada área.

### **Variáveis de resposta e hipóteses**



Com relação às variáveis resposta abundância e riqueza, foram aventadas 5 hipóteses para a herpetofauna das margens do rio Zutiua no município de Tufilândia, que quando comparados ao acaso, expliquem as duas variáveis dependentes estudadas. As hipóteses (modelos) tratam da influencia significativa da: a) distância da área de pastagem, b) distância do lago do Zutiua, c) distância da lagoa mais próxima de cada um dos pontos de amostragem, d) porcentagem de floresta da micro-paisagem circular em torno de cada um dos pontos de amostragem e e) integridade do habitat ao redor de cada um dos pontos amostrais (Tabela 1).

Tabela 1: Distância dos pontos de coleta com amostragem (em metros) para a área de uso (pastagem), para a lagoa mais próxima do ponto e para o lago do Zutiua (Lago do Gentil) e valores referentes a integridade do habitat e % de floresta utilizados para as análises estatísticas.

Pontos	Distância da Pastagem	Distância da lagoa mais próxima	Distância do lago do Zutiua	Integridade do Habitat	% de Floresta
Ponto 1	380	409	10150	13.67986	31.4853
Ponto 2	470	428	5290	57.17926	58.82452
Ponto 3	260	328	2222	21.66588	54.34772
Ponto 5	180	90	90	29.36343	54.77744
Ponto 7	115	23	23	54.11603	52.78038
Ponto 8	90	91	91	26.86998	48.91607

Essas hipóteses foram utilizadas em duas frentes de abordagem:

a) a frequentista, representada pelos testes de Correlação de Pearson ( $r$ ). Esta teoria propõe que uma teoria científica pode ser *falsificada* por uma única observação negativa, mas nenhuma quantidade de observações positivas poderá garantir que a veracidade de uma teoria científica seja eterna e imutável. É o conhecido teste de significância estatística ou teste estatístico de hipótese nula, onde se estima a chance de se obter resultados iguais ou mais extremos do que o observado, caso a hipótese nula seja verdadeira. É o teste mais utilizado em artigos de alto impacto em ecologia (LEITE *et al.*, 2010; LÉLIS, 2005).

b) e Análise de Múltiplas Hipóteses Concorrentes, explicada no item seguinte.

A Tabela 1 é composta por todos os dados utilizados para os testes estatísticos aqui propostos.

### **Correlação de Pearson**

Para a análise estatística, foi usada o Coeficiente de Correlação ( $r$ ), com todos os dados de distância e abundância transformados em logaritmo base 10 para padronização dos dados e com nível de significância de 95%. Os dados de riqueza, porcentagem de floresta e valor de integridade do habitat foram mantidos sem conversão por representarem dados muito discretos e os de porcentagem e valor de integridade do habitat já serem dados calculados. Esta vertente foi utilizada para explicar a relação entre a riqueza e abundância da comunidade da herpetofauna com as variáveis (a) distância da pastagem, (b) distância do lago do Zutiua (c) distância do lago mais próximo ao ponto amostral e (d) porcentagem de floresta num raio de 500 m ao redor dos pontos de amostragem e (e) valor de integridade do habitat num raio de 500 m ao redor dos pontos de amostragem. A partir dos dados encontrados com correlação relativamente baixa ( $r$

de Pearson  $< 0,7$ , ZUUR *et al.*, 2009; e. g. METZGER *et al.*, 2009) foram selecionados os modelos para aplicação da Análise de Múltiplas Hipóteses Concorrentes descrita abaixo.

### **Análise de Múltiplas Hipóteses Concorrentes:**

A Análise de Múltiplas Hipóteses foi escolhida como um “complemento” às análises de hipótese nula, conhecida como abordagem frequentista ou Popperiana, por expressar resultados muito mais compreensíveis para grupos de hipóteses, sendo um modelo utilizado com sucesso recentemente em trabalhos ecológicos (MARTESEN *et al.*, 2008; LYRA-JORGE *et al.*, 2010; METZGER *et al.*, 2009)

Para a Análise de Múltiplas Hipóteses Concorrentes foi utilizado o AIC (Akaike’s Information Criterion) por máxima verossimilhança usando o programa R (versão 2.14). Para o ajuste dos modelos foi utilizado a função “bbmle” (bem bolker maximum likelihood estimation – máxima estimativa de verossimilhança) (BOLKER, 2008). As hipóteses testadas foram estabelecidas a priori, sendo incluído um modelo neutro (acaso), onde foi testada a ausência de efeito contra as hipóteses estabelecidas a priori.

Para cada modelo (hipótese) foi calculado o valor de AIC. O modelo com menor valor de AIC indica o modelo (hipótese) mais plausível ou robusto para explicar a variável resposta (riqueza e abundância). Para cada modelo foi calculado o  **$\Delta AIC$  que é a diferença do AIC de um determinado modelo e o valor do AIC do modelo mais plausível (ou seja, o de menor valor de AIC). Segundo a literatura (BOLKER, 2008), modelos com  $\Delta AIC < 2$ , são igualmente plausíveis para explicar as variáveis de resposta (riqueza e diversidade).**

Considerando esta abordagem de múltiplas hipóteses concorrentes, foi estimada a contribuição relativa de um determinado modelo, considerando que temos uma lista de hipóteses concorrentes. Tal contribuição relativa é calculada pelo wAIC (Akaike’s Information Criterion Weight) (BURNHAM & ANDERSON, 2002). Este valor de AIC refere-se à probabilidade de um modelo explicar os padrões observados na variável resposta (riqueza e abundância), dada uma lista de hipóteses concorrentes.

### **Unidades de Análise da Paisagem**

Para o cálculo da porcentagem de floresta e valor de integridade do habitat foi utilizado o mapa de uso e cobertura que contemplou apenas um trecho da sub-bacia do Zutiua (Figura 2), especificamente localizada as margens do Rio Zutiua (Rio Gentil) em um raio de 500 metros em torno do ponto de amostragem, formando polígonos na escala de 1:5000 na tela. Foram baixadas imagens de alta resolução do Google-earth (2 metros de resolução). As imagens foram georeferenciadas utilizando o software ArcGis 9.3, tendo como referencia uma imagem Landsat, ano 2009.

Para os cálculos de valor de integridade utilizados nas análises estatísticas foi usada a seguinte fórmula:

$$INTEGRIDADE = \frac{\text{Soma (Área de cada classe} \times \text{nota de integridade cada classe)}}{\text{Soma da área da micropaisagem}}$$

Onde, foram atribuídos pesos para cada classe de uso e cobertura dentro de cada uma das micro-paisagens ao redor dos pontos amostrais. As notas de integridade variam de 0 a 100,

sendo aqui usadas as notas de integridade expressadas na Tabela 2. Esses valores são arbitrários, mas retratam a qualidade do habitat à biodiversidade, pois cada tipo de cobertura possui um potencial singular de contribuição para a biodiversidade. Valores mais próximos de 100 indicam ambientes mais conservados e quanto mais próximo de 0, pior é qualidade dessa paisagem no sentido de conservação.

Tabela 2: Valores da nota de integridade de cada classe que compõem as micro-paisagens em torno dos pontos amostrais.

Classe	Nota de Integridade
Água	40
Pasto	5
Pasto+Herb/Arbust	25
Área lodosa/Areia	30
Floresta Pioneira/Inicial	50
Floresta Inicial	70
Floresta Média	100

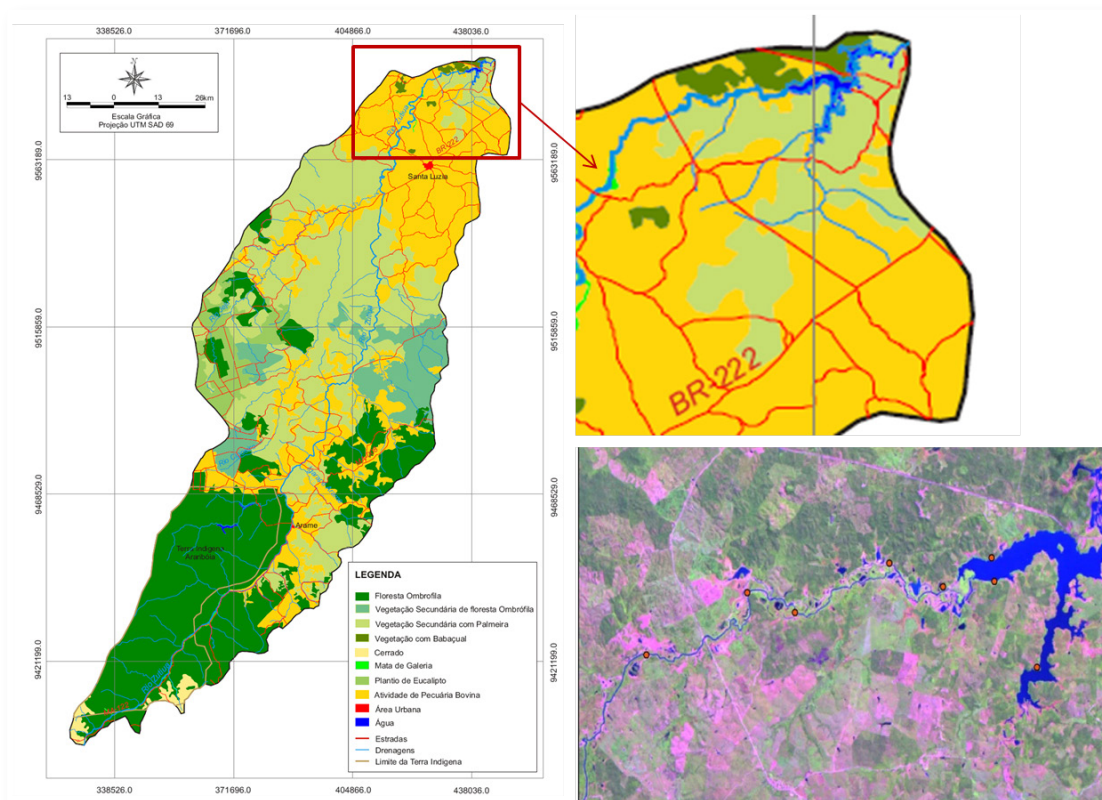


Figura 2: Recorte do trecho do rio Zútiua representando a área de estudo, modificado de LABGEO, 2010.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Riqueza e Abundância

Os valores de riqueza obtidos nas áreas vegetacionais das bordas do Rio Zutiua município de Tufilândia, Maranhão, foram de 14 espécies em 2 classes (Anura e Squamata), 06 famílias, e 10 gêneros. A maioria das espécies (11) são representantes de anfíbios e apenas 3 são répteis (Tabela 3). As famílias Leptodactylidae e Hylidae apresentaram a maior riqueza com 3 e 6 espécies respectivamente, o que se repete na maioria dos trabalhos realizados com comunidades de anfíbios no Brasil (SANTOS *et al.* 2007; VASCONELOS & ROSSA-FERES, 2005; CONTE & MACHADO, 2005; BERNARDI, 2007; TURCI & BERNARDI, 2008; MENIN, 2005). Observamos a existência de um baixo número de espécies muito abundantes ( $n = 3$ , Tabela 3) e um grande grupo de espécies com registros únicos ( $n = 4$ ) ou de poucos indivíduos ( $n = 7$ ), não ultrapassando 6 espécimes coletados.

Tabela 3: Lista e número de espécies observados na procura por tempo limitado realizada as margens do rio Zutiua, município de Tufilândia, Maranhão.

Espécies	Nº Espécimes
<b>Anura</b>	
Bufonidae	
<i>Rhinella marina</i> Linnaeus, 1758	1
Hylidae	
<i>Dendropsophus nanus</i> Boulenger, 1889	74
<i>Hipsiboas punctatus</i> Schneider, 1799	1
<i>Hipsiboas raniceps</i> Cope, 1862	3
Hipsiboas sp1	2
Hipsiboas sp2	1
<i>Scinax x-signatus</i> (Spix, 1824)	2
Leptodactylidae	
<i>Adenomera andreae</i>	6
<i>Leptodactylus fuscus</i> (Schneider, 1799)	53
<i>Leptodactylus ocellatus</i> Linnaeus, 1758	4
Leiuperidae	
<i>Pseudopaludicola mystacalis</i> (Cope, 1887)	61
<b>Squamata</b>	
Gekkonidae Gray 1825	
<i>Gonatodes humeralis</i> Guichenot 1855	2
Polychrotidae Frost et al. 2001	

<i>Policrus marmoratus</i> Linnaeus, 1758	1
Scincidae, <i>sensu</i> Estes <i>et al.</i> 1988	
<i>Mabuya heathi</i> Schmidt e Inger 1951	2
Total = 14	213

A curva de acúmulo de espécies (Figura 3) mostra o acúmulo de espécies encontradas neste estudo alcançou uma estabilidade, o que demonstra que um maior número de amostras não aumentaria o número de espécies e o conhecimento da riqueza local. No entanto, apesar da curva de acúmulo apontar uma estabilidade alguns fatores importantes devem ser destacados:

- Neste estudo houve uma falta de coleta em período chuvoso, que conhecidamente demonstra ser bem mais favorável ao encontro de anuros, não só pela umidade, mas também pela disponibilidade de alimento (SILVA & ROSSA-FERES, 2007; PAVAN, 2007).
- O número pequeno da amostra pode ter influenciado fortemente no número de espécies encontradas da região, sendo representada aqui apenas por 8 pontos, dos quais 2 não apresentaram nenhuma espécie em coletas.
- O uso constante das áreas por moradores locais: pescadores, pequenos agricultores e caçadores podem também influenciar na presença de espécies mais sensíveis, no entanto essas variáveis não foram contempladas neste estudo.
- Em estudos de monitoramento e inventários, quanto mais indivíduos são amostrados, maior é a probabilidade de se descobrir espécies raras (DE DOMENICO, 2008).

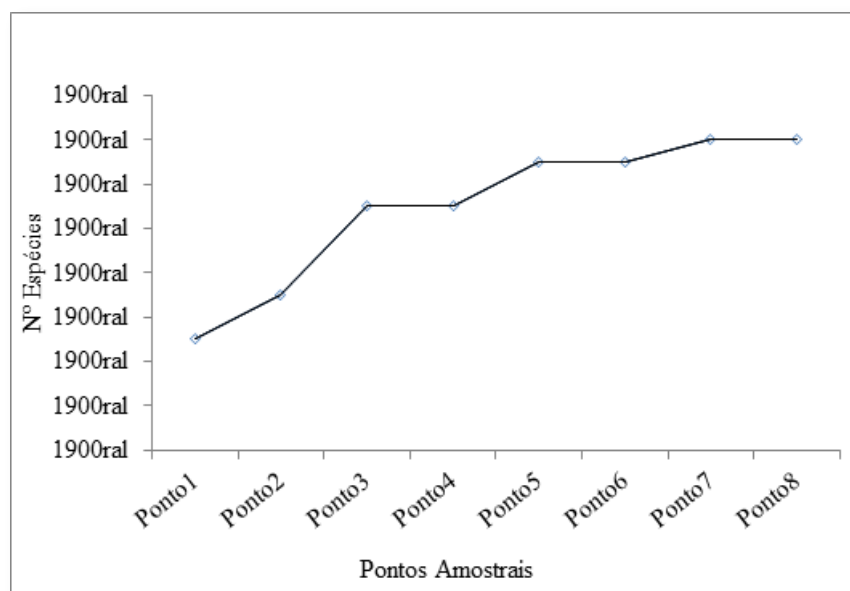


Figura 3: Curva de acúmulo de espécies com o aumento da riqueza até a estabilização nos pontos de coleta localizados as margens do rio Zutuia, município de Tufilândia, Maranhão.

Dos 8 pontos amostrados, os pontos 3 e 5 apresentaram as maiores riquezas, com 6 espécies cada, sendo estes os pontos que estão mais próximos a área de uso (pastagem) e em distâncias de mais de 2 km e 90 metros respectivamente do lago do Zutuia, respectivamente, e

328 e 90 metros da lagoa mais próxima. Em contraposição, nos pontos 4 e 6 não foi encontrada nenhuma espécie. Para as amostras com coletas de espécies (pontos 1, 2, 3, 5, 7 e 8) as riquezas foram respectivamente S = 5, 4, 6, 6, 2, 2 (Tabela 4).

Tabela 4: Lista com número de espécimes observados, riqueza de espécies e total de indivíduos por ponto de coleta na procura por tempo limitado realizada as margens do rio Zutiua, município de Tufilândia, Maranhão. (P – áreas próximas as áreas de uso, D – áreas distantes das áreas de uso, P1 a P8 – Pontos de coleta de 1 a 8.)

Espécies	Número de Espécimes							
	D	D	P	D	P	D	P	P
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
<b>Anura</b>								
Bufonidae								
<i>Rhinella marina</i>			1					
Hylidae								
<i>Dendropsophus nanus</i>		26			48			
<i>Hipsiboas punctatus</i>								
<i>Hipsiboas raniceps</i>					1			
<i>Hipsiboas sp1</i>	2							
<i>Hipsiboas sp2</i>		1						
<i>Scinax x-signatus</i>								2
Leptodactylidae								
<i>Adenomera andreae</i>			3		3			
<i>Leptodactylus fuscus</i>	34	17	1		1			
<i>Leptodactylus ocellatus</i>	2		1		1			
Leiuperidae								
<i>Pseudopaludicola mystacalis</i>	48	13						
<b>Squamata</b>								
Gekkonidae								
<i>Gonatodes humeralis</i>			1				1	
Polychrotidae								
<i>Policrus marmoratus</i>							1	
Scincidae								
<i>Mabuya heathi</i>			1					1
Riqueza de espécies (S)	5	4	6	0	6	0	2	3
Total de Indivíduos por ponto	88	57	8	0	55	0	2	3

As espécies mais abundantes nas amostras (Figura 4) foram *P. mystacalis* (Pontos 1 e 2, n = 48 e 13 respectivamente), *L. fuscus* (Pontos 1 e 2 distantes da área de uso, n = 34, 17, respectivamente) e *D. nanus* (Pontos 2 e 5, n = 26, 48, respectivamente), sendo as duas primeiras espécies dominantes nas áreas consideradas mais distantes da área de uso, mais distantes do lago do Zutiua e ambas com uma distância maior que 400 metros para a lagoa mais próxima.

A espécie *P. mystacalis* tem uma ampla distribuição em toda a América do Sul, sendo uma espécie muito comum de áreas alagadas e se adapta facilmente a áreas sobre influência antrópica, como por exemplo, com plantações de arroz (SANTANA & TOSTES, 2007). Em nossas observações de campo, a maior abundância dessa espécie foi observada em gramíneas localizadas próximas a áreas alagadas, sendo que estas poças podem influenciar na maior abundância desta espécie nos pontos 1 e 2 mais distantes da área de uso (pastagem).

Em estudo realizado em poças permanentes e temporárias, SANTOS *et al.* (2007), *D. nanus* é a espécie mais frequente em poças permanentes, no entanto neste estudo foi possível observar uma grande frequência tanto em áreas secas como alagadas no período seco. Já *L. fuscus* apresenta maior abundância em poças temporárias, semelhante o que encontramos. Segundo HADDAD & ABE (1999) apud SANTOS *et al.* (2007) as espécies de área aberta, como *L. fuscus*, tem expandido seus limites geográficos com as mudanças no uso da terra. Sendo assim *L. fuscus* é encontrado em ambientes impactados, mesmo em pastagens ou agriculturas.

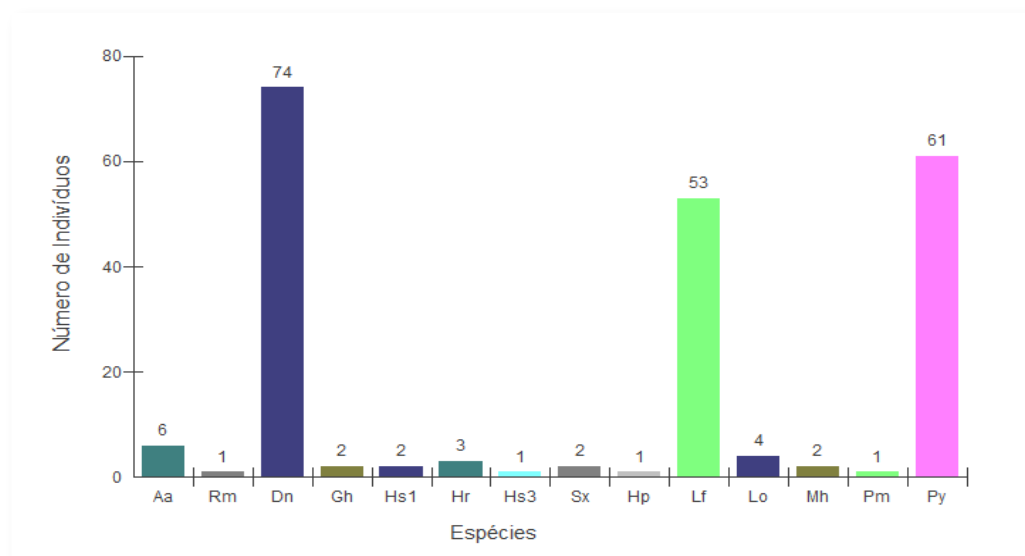


Figura 4: Abundância das espécies coletadas no município de Tufilândia, Maranhão. Legenda: Aa – *Adenomera andreae*, Rm – *Rhinela marina*, Dn – *Dendropsophus nanus*, Gh – *Gonatodes humeralis*, Hs1 – *Hipsiboas sp1*, Hr – *Hipsiboa raniceps*, Hs3 – *Hipsiboas raniceps*, Sx – *Sinaxx-signatus*, Hp – *Hipsiboas punctatus*, Lf – *Leptodactilus fuscus*, Lo – *Leptodactilus ocellatus*, Mh – *Mabuya nigropunctata*, Pm – *Policrus marmoratus*, Py – *Pseudopaludicola mystacalis*.

Os maiores valores de diversidade foram encontrados nos pontos 1 (d = 380 m,  $H' = 0.9561$ ), ponto 2 (d = 470 m,  $H' = 1.127$ ) e ponto 3 (d = 260 m,  $H' = 1,667$ ). O que poderia ser explicado pela maior distância que esses pontos amostrais temem da área de uso (pastagem) quando comparados com os demais pontos amostrais que estão mais próximos (Pontos 5, 7 e 8, com distâncias respectivas de 180, 115 e 90 m). No entanto, os pontos que estão mais distantes da pastagem são os mesmo que estão mais distantes tanto do lago do Zutiua como para a lagoa mais próxima de cada ponto. Mostrando que talvez a disponibilidade de água não seja o fator mais preponderante para a diversidade nestes locais. Quanto a porcentagem de floresta, todos os pontos com exceção do Ponto 1 apresentaram uma porcentagem semelhante variando de

49% a 59% e apenas os pontos 2 e 7 apresentaram os maiores valores de integridade do habitat (57 e 54, respectivamente, mas não demonstram serem causadores do padrão observado aqui. Os valores de riqueza e diversidade serão comparados estatisticamente com as variáveis independentes mais abaixo nas Análises de Correlação e de Múltiplas Hipóteses Concorrentes. As espécies observadas nestas áreas se utilizam de áreas ainda úmidas da borda do rio e mesmo de buracos deixados pela passagem do gado, nos quais acumula água, para a reprodução, sendo talvez este um fator preponderante para a presença destas espécies e abundância das mesmas nos pontos amostrais 1, 2 e 3, principalmente se considerarmos que as espécies *P. mystacalis* e *L. fuscus* utilizam muito freqüentemente fendas nos solo para se abrigar. Outro fato que pode contribuir nesse sentido é a área de vida pequena dessas espécies, não ultrapassando o mínimo e máximo respectivamente de 60 e 100 metros de área de vida máxima que pode favorecer sua permanência nessas áreas, desde que essa área de vida seja respeitada.

Quando comparamos a abundância de espécies aos de outros pontos, desta vez mais próximos as áreas de uso (Pontos 5, 7 e 8), observamos que a quantidade de indivíduos por espécie diminui, o que já se espera já que o impacto da área de uso (pastagem) pode ser mais sentido pelas espécies presentes, no entanto também se observa que estes pontos tem as menores distâncias do Lago do Zutiua, e da lagoa mais próxima. É possível que a maior proximidade com a lagoa torne as áreas mais competitivas para estas espécies, assim como torna maior a chance de predação, pela maior presença de predadores como serpentes que se utilizam de áreas alagadas e bordas de lagoas para a captura de anfíbios.

Os valores de riquezas baixos para todos os pontos podem estar ligados ao estresse ambiental sofrido por toda a região do Médio Pindaré, mas em específico pelas matas ciliares do rio Zutiua. Podemos então sugerir que mesmo longe de áreas de uso (pastagem) as espécies podem não estar utilizando os habitats ribeirinhos por vários outros motivos locais, entre eles, a queima periódica da vegetação próxima as margens, o amplo uso para a agricultura local, com plantações de feijão e arroz, principalmente, e o trânsito de pescadores e caçadores, e seria mais alto ainda se considerarmos a pastagem, que domina toda a sub-bacia do Zutiua. Segundo DUELLMAN (1999), para as regiões tropicais, as características ecológicas e de distribuição dos anfíbios podem ser correlacionados com características como topografia, clima, vegetação, além de fenômenos históricos. Isso mostra como é difícil estabelecer com exatidão que característica ou conjunto de características ambientais pode influenciar em padrões ecológicos como riqueza e diversidade, se considerarmos a gama de fatores que influencia.

Foram poucas as espécies de lagartos encontradas ( $S = 3$ ). Os lagartos *G. humeralis* e *M. nigropunctata* foram os lagartos com maior número de encontros ( $n = 2$  para cada um, Pontos 3, 7 e 3, 8, respectivamente), enquanto que *P. marmoratus* foi encontrado em uma única ocasião (Ponto 7). *G. humeralis*, *P. marmoratus* e *M. nigropunctata* são espécies comuns da região amazônica, sendo encontradas em vários outros estudos (GOMES, 2008; ÁVILA-PIRES, 2007; VITT *et al.*, 2008; ODA, 2008; PAVAN, 2007), sendo *M. nigropunctata* também encontrado em ambientes de Cerrado (NOGUEIRA, 2006).

Foi encontrado apenas um indivíduo de *P. marmoratus* em descanso a uma altura de 2,5 m a uma distância de 30 metros da borda do rio, no período noturno, como também observado por VITT *et al.* (2008) na Reserva Ducke, Amazônica Central. O ponto de encontro desse único espécime (Ponto 7) era uma área inicialmente íngreme composta por vegetação espaçada, muitas pindovas e palmeiras grandes intercaladas com remanescentes de mata ciliar. É o ponto que apresentou o segundo maior valor de integridade do habitat (55) o que é esperado para uma área entre floresta pioneira e floresta inicial (50-70), segundo a proposta desse trabalho (ver me-



odologia), está próximo a área de uso (pastagem, 115 m), e mais ainda do lago do Zutiua e lagoa mais próxima, ambas com 23 metros de distância. Esta é uma espécie tipicamente Amazônica, encontrada em regiões de floresta (NOGUEIRA, 2006). Segundo VITT *et al.* (2008), é encontrada em borda de florestas e em florestas pouco perturbadas, o que não é o caso da nossa área de estudo que apresentam vários fatores de impacto já citados acima. Ao que parece está localizado em um ambiente adverso ao que tem sido colocado nas publicações (VITT *et al.*, 2008; NOGUEIRA, 2006), mas pode estar presente nesta área, por ela ainda manter uma integridade média do habitat e uma porcentagem de floresta de 53% .

O lagarto *M. nigropunctata* foi encontrado em dois pontos distintos, quando comparadas suas fitofisionomias, um dos pontos (Ponto 3) apresentava evidências bem claras de uso para produção de carvão, além da passagem de gado. Apesar da distância para a pastagem ser de 260 metros e este ponto também está muito distante do lago do Zutiua (> 2 km) e da lagoa mais próxima (328 m), o valor de integridade do habitat mostra que este ponto está em situação crítica (21), com valor menor do que o esperado para uma área de pasto com vegetação herbácea/arbutiva (25), segundo a proposta desse trabalho (ver metodologia). Segundo um morador local, a mata deve ter sido queimada a menos de 4 anos e o trânsito de pescadores também é constante neste ponto. No segundo ponto (Ponto 8) foi possível observar uma estruturação mais antiga, com palmeiras de grande porte e um mosaico de vegetação ciliar com palmeiras de babaçu. Segundo NOGUEIRA (2006) e ÁVILA-PIRES (1995), esta é uma espécie típica Amazônica, mas que ocorre em todo o Cerrado em geral presente em áreas florestadas, no interior de matas de galeria e suas bordas. O autor ainda discute que em áreas abertas não há ocorrência desta espécie. Da mesma forma que *P. marmoratus*, esta espécie foi encontrada em uma área adversa do que é colocado na literatura (NOGUEIRA, 2006; ÁVILA-PIRES, 1995)

### Correlação de Pearson

Após análises e testes estatísticos, foi possível observar que nenhum dos resultados demonstrou-se significativo em provar as hipóteses propostas. Isto indica que nenhum dos fatores aqui estudados foi o responsável efetivamente pelo padrão observado. Quando analisado estatisticamente, o comportamento da riqueza em relação à distância da área de uso, não foi significativo ( $r = 0,5155, p = 0,2951$ ), mas o coeficiente de determinação sugere que 26% da variação da riqueza (Figura 7a) é respondida pela distância da pastagem, podendo haver outras variáveis que influenciam neste comportamento. Quando comparada à variável distância do lago do Zutiua, percebemos que há uma fraca correlação de Pearson com 24% ( $r = 0.4977, p = 0,3151$ , Figura 7b) da variação da riqueza sendo explicada pela distância do Lago. A variável distância do lago mais próximo também não apresentou significância, mas foi observada uma moderada correlação de Pearson com 37% ( $r = 0.6131, p = 0,1955$ , Figura 7c) da variação da riqueza sendo explicada pela distância do Lago mais próximo. A variável porcentagem de floresta dentro do num raio de 500 m ao redor dos pontos amostrais, explicou 36% ( $r = -0,599, p = 0,2084$ , Figura 7d) da variação de riqueza de espécies. Quando comparada a variável valor de integridade do habitat para um raio de 500 metros ao redor dos pontos amostrais, observa-se que 0,4 % ( $r = -0,0646, p = 0,9033$ , Figura 7e) da variação de riqueza de espécies é explicada pela qualidade que o habitat apresenta. Essas variáveis explicadas, com correlação baixa, foram também utilizadas nas Análises de Múltiplas Hipóteses Concorrentes.

Ao analisar estatisticamente o comportamento da abundância de espécies em cada ponto, percebemos que há uma correlação alta de Pearson, onde 65% ( $r = 0,8062, p = 0,0526$ , Figura 8a) da variação pode ser explicada pela distância da área de uso (pastagem). No entanto, para a

variável distância do lago, percebe-se que há uma moderada correlação de Pearson com 46% ( $r = 0,6802$ ,  $p = 0,1370$ , Figura 8b) da variação da abundância sendo explicada pela distância do Lago. A terceira distância, nesse caso, para o lago mais próximo, apresentou uma moderada correlação de Pearson com 47% ( $r = 0,6884$ ,  $p = 0,1305$ , Figura 8c) da variação da abundância sendo explicada pela distância do Lago. Quando comparamos a porcentagem de floresta dentro de um raio de 500 m ao redor dos pontos amostrais, observamos que 6% ( $r = -0,237$ ,  $p = 0,6509$ , Figura 8d) da variação de abundância de espécies é explicado porcentagem de floresta ao redor dos pontos amostrados, o que sugere uma relação muito fraca, chegando muito próximo a independência de uma variável em relação a outra ao mesmo tempo em que os valores de integridade do habitat para um raio de 500 metros ao redor dos pontos amostrais, apresentou uma correlação também fraca com apenas 24% ( $r = -0,4940$ ,  $p = 0,3193$ , Figura 8e) da variação da abundância sendo explicada pela integridade do habitat na área de estudo.

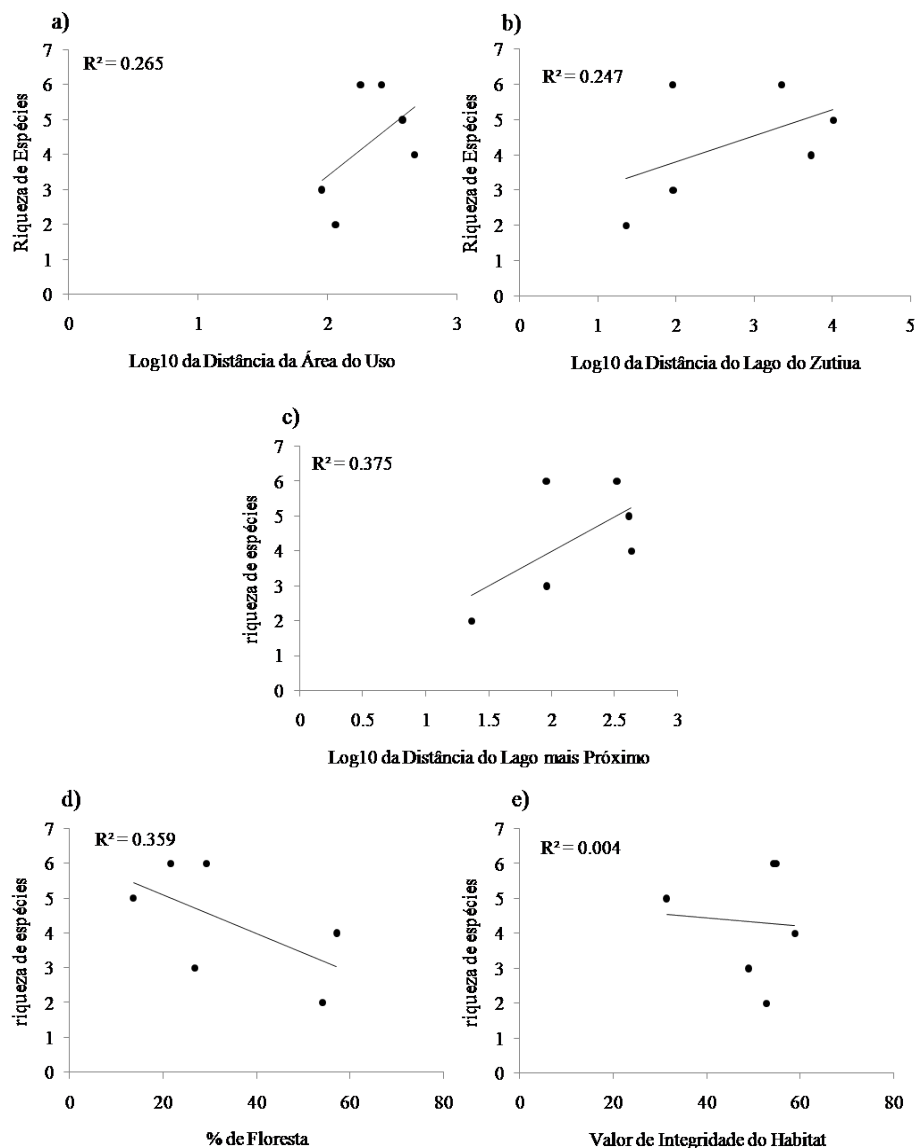


Figura 7: Relação entre a riqueza de espécies dos pontos amostrais e: (a) distância das áreas de uso: pastagem (Correlação de Pearson:  $r = 0,57$ ,  $p = 0,2329$ ), (b) distância da do lago do Zutuia (Correlação de Pearson:  $r = 0,58$ ,  $p = 0,2254$ ), (c) distância do lago mais próximo (Correlação de Pearson:  $r = 0,71$ ,  $p = 0,1171$ ); (d) porcentagem de floresta (Correlação de Pearson:  $r = -0,6$ ,  $p = 0,2084$ ) e (e) índice de integridade do habitat (Correlação de Pearson:  $r = -0,06$ ,  $p = 0,9033$ ).

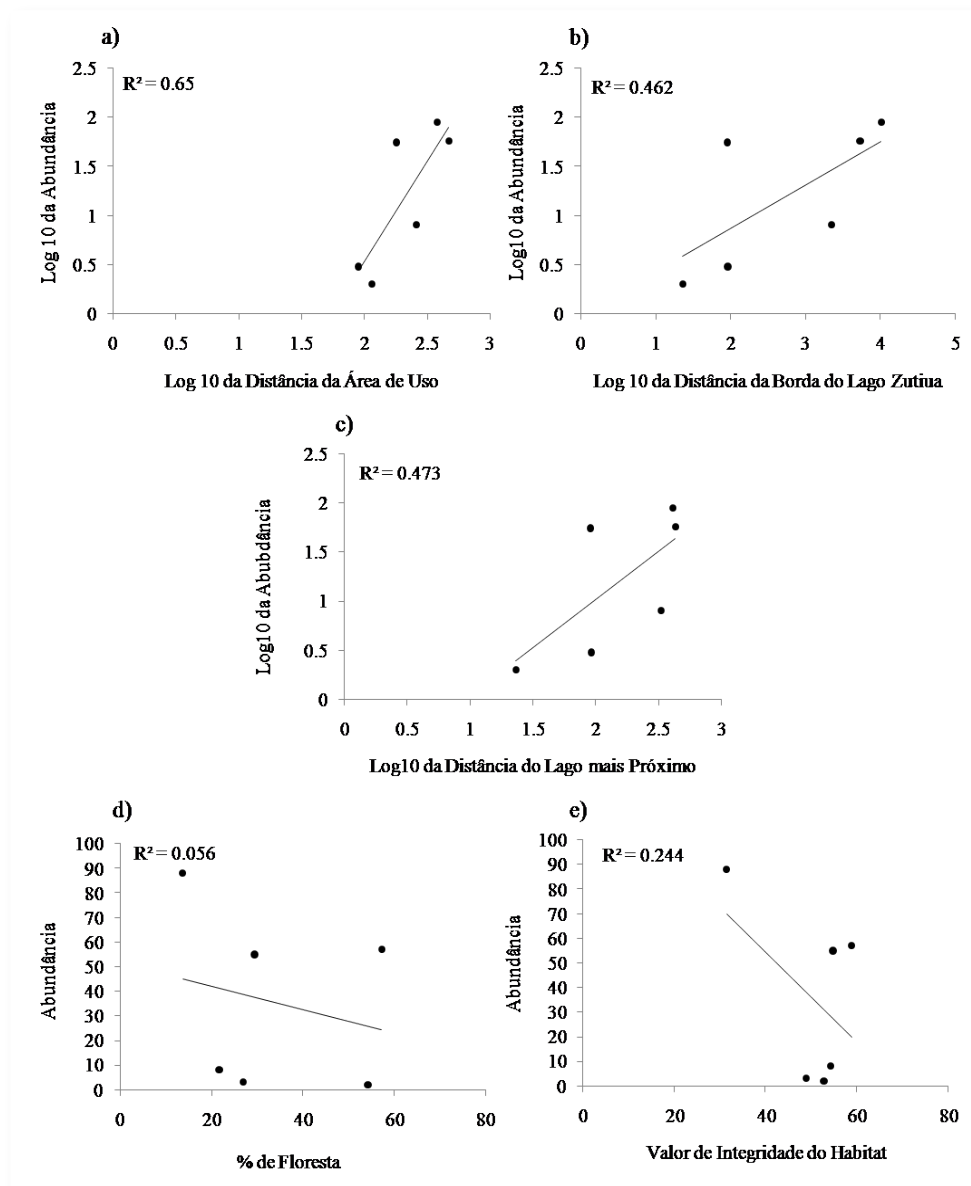


Figura 8: Relação entre a abundância dos pontos amostrais e: (a) distância das áreas de uso: pastagem (Correlação de Pearson:  $r = 0,806$ ,  $p = 0,0526$ ), (b) distância da borda do lago do Zutiua (Correlação de Pearson:  $r = 0,68$ ,  $p = 0,1370$ ), (c) distância da borda do lago mais próximo (Correlação de Pearson:  $r = 0,6884$ ,  $p = 0,1305$ ), (d) o índice de integridade do habitat (Correlação de Pearson:  $r = -0,24$ ,  $p = 0,6509$ ) e (e) a porcentagem de floresta (Correlação de Pearson:  $r = -0,49$ ,  $p = 0,3193$ ).

Os dados apresentados que tratam das distâncias da área uso, lago do Zutiua e lago mais próximo, mostram que há uma correlação positiva das variáveis independentes com as dependentes (abundância e riqueza), enquanto que os dados para porcentagem de floresta e integridade do habitat apresentaram correlação negativa. Apesar de não apresentarem correlação significativa, é possível ver que estes fatores da estruturada paisagem da região são importantes em prever locais onde a riqueza e a biodiversidade pode apresentar valores maiores ou menores e assim propor a conservação de áreas semelhantes.

### Análise de Múltiplas Hipóteses Concorrentes

O conjunto de oito modelos (hipóteses), dos doze propostos, foi utilizado para explicar melhor as duas variáveis de resposta (riqueza e abundância) estudadas ( $AIC < 2$ , Tabela 6), sendo todas melhores explicações que o acaso (Figura 15a). O modelo que trata sobre a integridade

do habitat não se aplica para explicar as variáveis riqueza e abundância, mostrando que este não é um fator que influencia atualmente na riqueza e abundância da herpetofauna local, logo rejeitamos este modelo (integridade do habitat) como forma de explicar as variáveis riqueza e abundância do município de Tufilândia, Maranhão.

Tabela 6: Modelos de riqueza e abundância para herpetofauna do município de Tufilândia, Maranhão. Os modelos com menor valor de AIC são os mais plausíveis para explicar as variáveis respostas.  **$\Delta AIC$  é a diferença do AIC de um modelo e o AIC do modelo mais plausível. Modelos com  $\Delta AIC < 2$  são igualmente plausíveis para explicar as variáveis. O wAIC refere-se a probabilidade do modelo explicar os padrões observados na variável resposta (riqueza e abundância).**

Modelo	AIC	$\Delta AIC$	wAIC	Explicação	Figura
RiqxUso	12,4	0	0,30	plausível	15b
RiqxLagao	12,6	0,2	0,29	plausível	15c
RiqxLagP	13,7	1,3	0,22	plausível	15d
RiqxPflor	14,1	1,5	0,18	plausível	15e
RiqxInthab	19,0	5,3	0,01	Não plausível	15f
Riqxacaso	23,7	11,3	<0,001		15 <sup>a</sup>
AbunxLagao	17,2	0	0,37	plausível	16c
AbunxUso	17,9	0,7	0,24	plausível	16b
AbunxLagP	18,3	1,1	0,19	plausível	16d
AbunxPflor	19,4	1,5	0,18	plausível	16e
AbunxInthab	31,4	13,1	0,02	Não plausível	16f
Abunxacaso	71,8	54,6	<0,001		16 <sup>a</sup>

Para riqueza, a resposta mais plausível foi a distância da área de uso (pastagem) (AIC = 12,4). No entanto, os outros modelos estudados ainda apresentaram-se como mais plausível para explicar a variável que o acaso (Figura 9a), ou seja, o modelo em que as variáveis não sofrem nenhuma influência de fatores da paisagem. Sendo que 30% da variação da riqueza é explicada pela variável distância da área de uso – pastagem (Tabela 6, Figura 9b), 29% pela distância do lago do Zutiua (Tabela 6, Figura 9c), 22% pela distância do lago mais próximo do ponto de amostragem (Tabela 6, Figura 9d) e 18% pela porcentagem de floresta presente em um raio de 500 metros ao redor do ponto amostrado (Tabela 6, Figura 9e). Em suma, a variável riqueza foi explicada por mais de um modelo. Para esses modelos foram somados os valores de wAIC (Tabela 6) que perfazem 99% da variação e representa o suporte total para explicar a variável de interesse.

Para a abundância, a resposta mais plausível foi a distância do lago (AIC = 17, 2, Tabela 6), mostrando essa, como sendo a variável dependente que mais explica a riqueza. No entanto, os outros modelos estudados também apresentaram-se como mais plausível para explicar a variável que o acaso (Tabela 6, Figura 10a), sendo que 36% da variação da riqueza é explicada pela distância do lago do Zutiua (Tabela 6, Figura 10c), 26% pela variável distância da área de uso – pastagem (Tabela 6, Figura 10b) e 18% pela distância do lago mais próximo do ponto de amostragem (Tabela 6, Figura 10d) e 18 % pela porcentagem de floresta presente em um raio de 500 metros ao redor do ponto amostrado (Tabela 6, Figura 10e). Em suma, a variável abundância

também foi explicada por mais de um modelo. Para esses modelos foram somados os valores de wAIC (Tabela 6) que perfazem 98% da variação e representa o suporte total para explicar a variável de interesse.

Figura 9: Melhores modelos ajustados para a variável riqueza das espécies da herpetofauna, no município de Tufilândia, Maranhão. Os gráficos representam a relação da variável riqueza com: a) acaso, b) distância da área de uso – pastagem, c) distância do lago do Zutuia, d) distância do lago mais próximo aos pontos amostrais, e) porcentagem de floresta num raio de 500 m ao redor dos pontos amostrais e f) integridade de habitat.

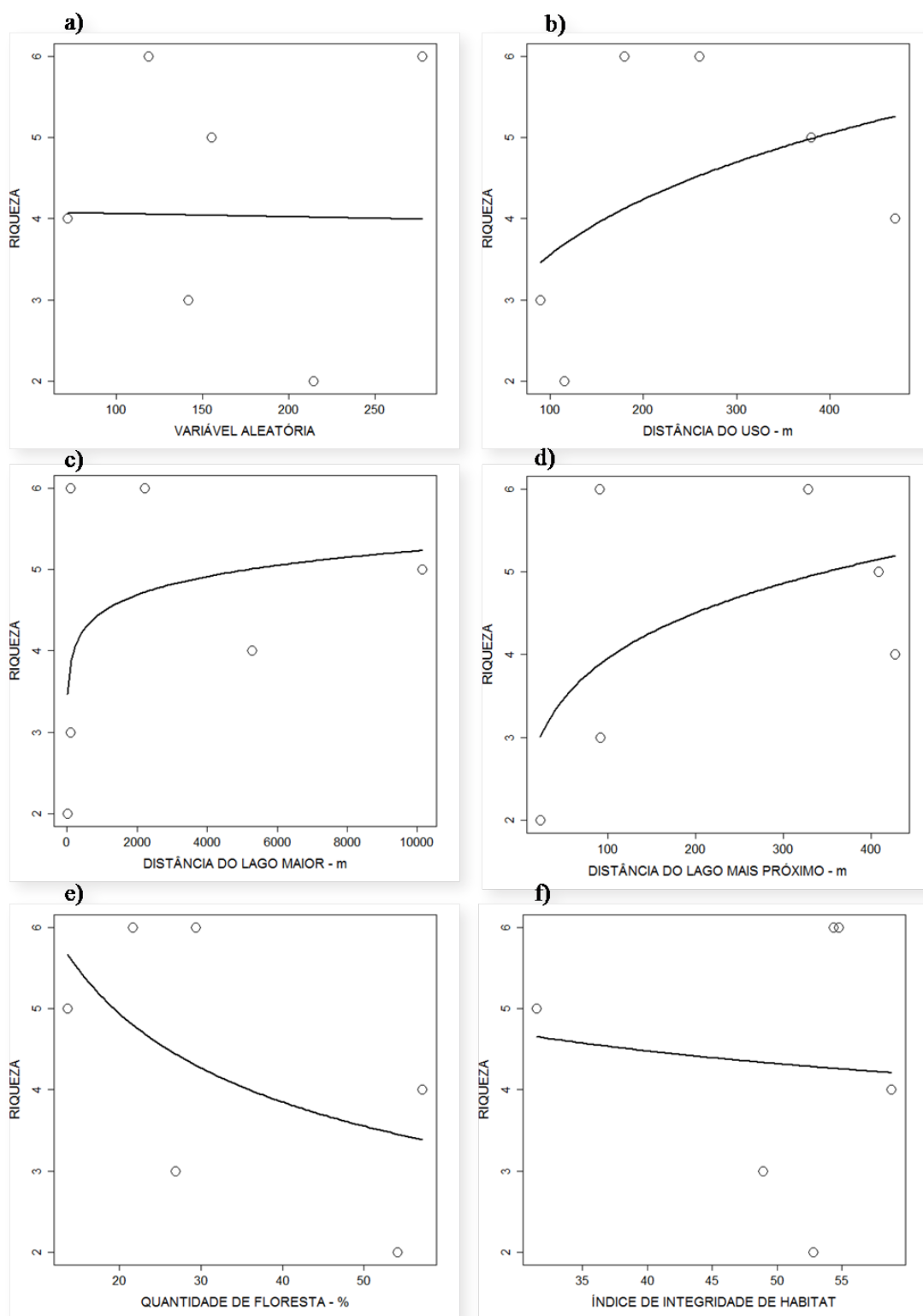
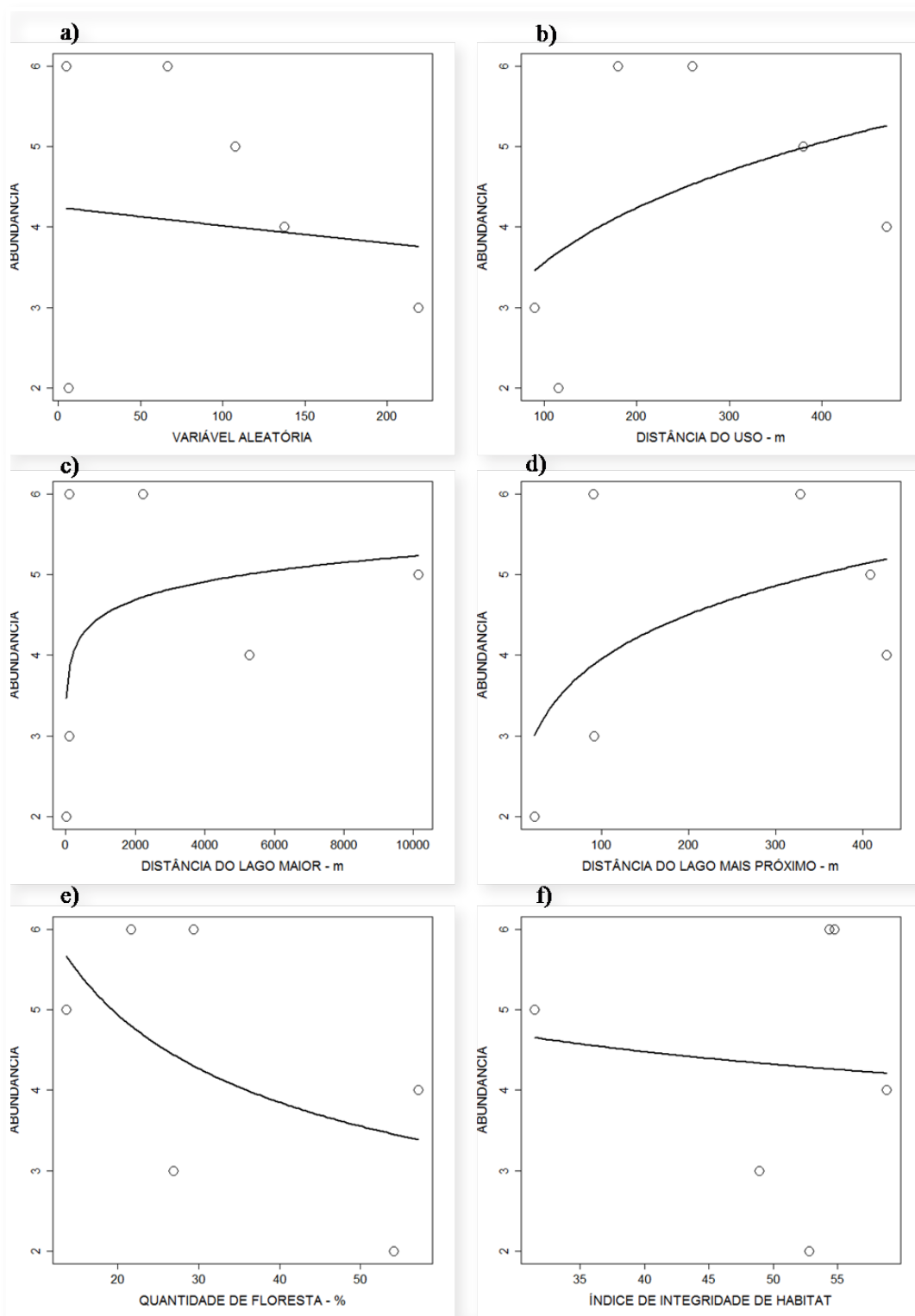


Figura 10: Melhores modelos ajustados para a variável abundância das espécies da herpetofauna, no município de Tufilândia, Maranhão. Os gráficos representam a relação da variável abundância com: a) acaso, b) distância da área de uso – pastagem, c) distância do lago do Zutiua, d) distância do lago mais próximo aos pontos amostrais, e) porcentagem de floresta num raio de 500 m ao redor dos pontos amostrais e f) integridade de habitat.



A falta de influencia da integridade do habitat sobre a riqueza e abundância da herpetofauna do município de Tufilândia mostrou que as poucas áreas de floresta restantes não interferem hoje nos padrões de biodiversidade desse grupo as margens do rio Zutiua. Em estudo que tentou prever as influencias de paisagens passadas e presentes sobre a fauna atual

na mata atlântica, METZGER *et al.* (2009) propõe que a estrutura da paisagem passada pode influenciar a riqueza e abundância de espécies de vários grupos, entre eles de anfíbios, obtendo resultados em que para espécies de anfíbios florestais, as ligações entre os fragmentos extintos podem ainda afetar a abundância das populações. Considerando isso, a falta de efeito da integridade do habitat atual pode ser um reflexo de um processo de degradação de longo tempo e da presença atual apenas de espécies pouco ou nada generalistas (e.g. *L. fuscus*; *A. andreae*, *P. mystacalis*, *L. ocellatus*, *D. nanus*, *G. humeralis*) que representam 94% da abundância e 55% da riqueza local.

O número pequeno de espécies ( $S=11$ ), também, nestes termos, tem demonstrado que a área sofre intensamente com a perda de espécies, quando comparado com outras áreas amazônicas, permanecendo apenas aquelas mais adaptadas as condições ambientais atuais, não sendo assim, a biodiversidade favorecida pela paisagem atual da região. A exemplo, podemos usar a espécie *G. humeralis*, espécie generalista e muito comum em áreas degradadas, com uma abundância geralmente grande (ODA, 2008, 70 indivíduos em matas secundárias, 12 em primárias e NUNES, 2002, 52 indivíduos em área perturbada) e que neste estudo representou apenas 4 indivíduos

Muitas espécies de anfíbios e lagartos têm como característica viver associado a um tipo específico de habitat. Isso pode ser comprovado por estudos de correlação entre as espécies e o meio onde vivem. Por exemplo, TOCHER *et al.* (1997), propõe em seu estudo que habitats com forte pressão antrópica (e.g. pastagens) têm sua diversidade de espécies de anfíbios reduzida pela metade quando comparados com àqueles de floresta primária, ou seja, espécies com forte relação com o ambiente, podem servir como indicadoras da integridade do habitat. Se unirmos essas características de muitos anfíbios da Amazônia com a associação de métodos de coleta eficientes (bem acessíveis a essas espécies) pode-se afirmar que esse grupo é adequado para diagnosticar qualidade ou degradação ambiental, em estudos de indicadores.

Mesmo com a baixa riqueza e abundância de espécies, podemos afirmar que a ocorrência de algumas espécies de anfíbios generalistas foi favorecida pelos ambientes antropizados devido à formação de corpos d'água temporários resultantes da compactação do solo e pelas poças formadas pela passagem do gado, o que reforça a idéia proposta por alguns autores de que as espécies mais especialistas podem ter sido excluídas da área.

Como o modelo mais plausível, a distância do lago do Zutuia mostrou-se ser o maior influenciado na abundância de espécies e o segundo maior para a riqueza. RODRIGUES-MENDOZA & PINEDA (2010), em estudo realizado em fragmentos florestais remanescentes de mata ciliar, sugere que as matas ciliares desempenham papel muito importante em pelo menos uma fração das espécies de anfíbios em áreas altamente fragmentadas, principalmente durante os períodos mais críticos para o grupo, como período seco do ano. A proximidade da Lagoa como um grande corpo d'água, disponibiliza a essas espécies as condições necessárias a sobrevivência mesmo nos momentos mais secos das matas ciliares.

A área de uso foi o modelo que melhor explicou a riqueza de espécies presentes e a segunda melhor explicação para a abundância. A conversão de florestas em áreas de uso, principalmente em fazendas de gado, está entre as perturbações humanas mais comuns na Amazônia (PERES *et al.*, 2010). Estas conclusões reforçam a visão de que as espécies especialistas já não tem mais "lugar" na área de estudo, as margens do rio Zutuia, pelas condições de perturbação ambiental presentes.

Foi utilizado um conjunto de fatores para explicar as variáveis de resposta estudadas aqui, isso sugere que o estudo da organização espacial dos componentes da paisagem são extremamente importantes para prever a distribuição de espécies sobre a região estudada e para testar as diferentes respostas que a comunidade da herpetofauna apresenta a esta estruturação, já que não é apenas uma variável que tem influência.

Para darmos o primeiro passo nos sentido de estabelecer estratégias de conservação e manejo da biodiversidade é necessário entender essa ligação que existe entre a variabilidade do habitat e a estruturação da espécie (TUOMISTO *et al.*, 2003) e só então gerar as políticas públicas necessárias para uma interferência mais efetiva em uma região.

## CONCLUSÕES

Um levantamento da riqueza e abundância em uma escala maior, englobando também a estação chuvosa, seria mais apropriado para demonstrar melhor as características da comunidade local, considerando que a maior abundância registrada em artigos se dá no período chuvoso (SILVA & ROSSA-FERES, 2007; MENIN, 2005; PAVAN, 2007; MENIN, 2005; ALLMON, 1991; GIARETTA, 1999).

Algumas espécies como *D. nanus*, *L. fuscus* e *P. mystacalis*, que apresentam uma ampla distribuição e pouca especificidade em relação ao habitat, foram as mais abundantes na área de estudo. No entanto, devido a abundância e riqueza registradas terem sido pequenas, o esforço amostral ter sido reduzido e a coleta ter sido restrita a estação seca, as conclusões devem ser tomadas com cautela.

A riqueza de espécies de anuros na região é baixa quando comparada a outras regiões de estudo na Amazônia (15 a 40 espécies de anuros por área, MARTINS, 1991; SILVA & SITES, 1995; VITT, 1996; GOMES, 2008), o que pode ser explicado pela degradação dos habitats na região. Isso sugere que espécies de anuros e lagartos mais especialistas ou sensíveis a degradação podem já ter sido extintas das áreas, considerando a situação de degradação já existente na região. No entanto, é necessário cautela na interpretação dos dados por estes serem reduzidos o que pode não fornecer estimativas confiáveis dos parâmetros populacionais

Este estudo mostrou que a estrutura da paisagem, representado pela porcentagem de floresta, integridade do habitat, distância de lagoas e distância das áreas de uso (pastagem), é um bom predictor da riqueza de abundância de espécies da herpetofauna e, portanto, o uso desse tipo de informação é apropriado para identificar áreas com alto valor de conservação para herpetofauna, principalmente anfíbios, da Amazônia Maranhense. Nesse contexto, trabalhos como este, de esforço pontual, que visam conhecer a fauna local, conhecendo os efeitos da estrutura da paisagem decorrente da fragmentação do habitat são muito importantes, para prever o declínio das espécies a até a extinção local das mesmas.

A herpetofauna, representada aqui por anfíbios anuros e lagartos, pode ser utilizada como bom indicador de degradação ambiental. Sugerimos, então, que novos estudos sejam desenvolvidos em outras áreas da sub-bacia do Zutiua para prever também a perda de biodiversidade da herpetofauna.

Os resultados aqui apresentados nos levam a refletir sobre o papel que as populações humanas locais apresentam sobre a fauna local. Houve várias observações *in locu* do uso das margens do rio Zutiua para pesca, descanso, agricultura (feijão, arroz, melancia, milho) e principalmente o desmatamento para a pecuária e área de transito de gado. Desta forma, é indispen-



sável que além do levantamento de informações sobre outros grupos da fauna local, também se faça um trabalho com a comunidade, principalmente com orientações aos proprietários de fazendas destas áreas, assim como a averbação legal das reservas e o estabelecimento de cercas bem como sistemas de aceiros, para evitar o acesso de gado as margens (que são por lei áreas de preservação), garantindo melhor conservação destas áreas e assim a preservação da biodiversidade regional.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACHARD, F.; EVA, H. D.; STIBIG, H.; MAYAUX, P.; GALLEGOS, J.; RICHARDS, T.; MALINGREAU, J. Determination of Deforestation Rates of the World's Humid Tropical Forests. **Science**, Washington DC, v.9. p.999-1002, 2002. Disponível em: <<http://www.sciencemag.org/content/297/5583/999.full.pdf>>. Acesso em: 25 jan. 2012.

ÁVILA-PIRES, T.C.S., HOOGMOED, M.S. & VITT, L.J. Herpetofauna da Amazônia. In: L. B. Nascimento; M. E. Oliveira (eds.). **Herpetologia no Brasil II**. Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Herpetologia, 2007, p.13-43.

AZEVEDO, J. de. **Ferramenta para análise de dados socioeconômicos e ambientais para definição de políticas públicas. Estudo de caso: Bacia Ambiental do Rio Imboassú, município de São Gonçalo/RJ**. Rio de Janeiro. 2006. 200 p. Tese (Doutorado em Geociencia). Universidade Federal Fluminense.

BARRETO, L.; ANDRADE, G. V. Aspects of the reproductive biology of *Physalaemus cuvieri* (Anura: Leptodactylidae) in northeastern Brazil. **Amphibia-Reptilia**, Leiden, Holanda, v. 16, 67-76, 1995.

BARRETO, L.; RIBEIRO, M.C.; VELDKAMP, A.; EUPEN, M.van; KOK, E. K. Pontes Exploring effective conservation networks based on multi-scale planning unit analysis. A case study of the Balsas sub-basin, Maranhão State, Brazil. **Ecological Indicators**, Olshausenstrasse, v. 10, p. 1055–1063, 2010.

BARRETO, L. N.; RIBEIRO, L. E. S.; NASCIMENTO, M. C. Caracterização da Herpetofauna em áreas da Amazônia Maranhense. In: Marlúcia Bonifácio Martins e Tadeu Gomes de Oliveira. **Amazônia Maranhense: diversidade e conservação**. 1. e.d. Belém: MPEG, 2011, 203 – 237 p. Disponível on line em: <http://www.museu-goeldi.br/sobre/amazoniamaranhense/index.html>. Acesso em: 24 nov. 2011.

BEGON, M.; HARPER, J.L.; TOWNSEND, C.R. **Ecology: individuals, populations and communities**. 3rd ed. Oxford: UK Blackwell Science, 1996. 1068 p.

BERNARDI, P. S. Ambientes temporários de vocalização da anurofauna no município de Espigão do Oeste, Rondônia, Sudoeste da Amazônia – Brasil (Amphibia: Anura). **Biota Neotropica**. Campinas, v. 7, n. 2, 2007. Disponível em: <<http://www.biotaneotropica.org.br/v7n2/pt/abstract?article+bn01507022007>>. Acesso em 10 jan. 2012.

BOLKER, B. **Ecological Models and Data in R**. 2008. 516 p. (on line). Disponível em: <<http://www.math.mcmaster.ca/~bolker/emdbook/book.pdf>>. Acesso em: 02. Mar. 2012.

BURNHAM, K.P., ANDERSON, D. R.. **Model Selection and Multimodel Inference: a Practical Information-Theoretic Approach**. Springer-Verlag, New York.2002.

CANTANHEDE, A. M. **Distribuição espacial e temporal da anurofauna do parque ambiental da ALUMAR**. São Luís, Maranhão, 1999. 26 p. Monografia (Bacharel em Biologia). Universidade Federal do Maranhão.

CEMIN, G.; PERICO, E.; REMPE, C. Composição e configuração da paisagem da sub-bacia do Arroio Jacaré, Vale Do Taquari, Rs, com ênfase nas áreas de florestas. **Revista Árvore**, Viçosa, v.33, n.4, p.705-711, 2009. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-67622010000400018-&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-67622010000400018-&script=sci_arttext)>. Acesso em: 10 maio 2011.

CONTE, E. C.; MACHADO, R. A. Riqueza de espécies e distribuição espacial e temporal em comunidade de anuros (Amphibia, Anura) em uma localidade de Tijucas do Sul, Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**. Curitiba, v. 4, n. 22, p. 940-948, 2005.

DE DOMENICO, E. A. **Herpetofauna do Mosaico de Unidade de Conservação do Jacupiranga (SP)**. São Paulo, 2008. 200 p. Dissertação (Mestrado em Ciências – Área de Zoologia). Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo.

DELAMÔNICA, P.; LAURENCE, W. F.; LAURENCE, S. G. A fragmentação da paisagem. In: Alexandre Adalardo de Oliveira, Douglas C. Daly (Ed.). Drauzio Varella (Coord.). **Florestas do Rio Negro**. 1. ed. São Paulo: Companhia das Letras : UNIP, 2001.p. 283 - 301.

DIXO, M.; VERDADE, V. K. Herpetofauna de serrapilheira da Reserva florestal do Morro Grande, Cotia (SP). **Biota Neotropica**. Campinas, v. 6, n. 2, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/bn/v6n2/v6n2a08.pdf>>. Acesso em: 02 fev2012.

DUELLMAN, W.E. Distribution patterns of amphibians in South America. *In: Patterns of distribution of amphibians: a global perspective*. 1. ed.. Baltimore, USA: The Johns Hopkins University Press, 1999, p. 255-328.

FORERO-MEDINA, G.; VIEIRA, M. V. Conectividade funcional e a importância da interação organismo-paisagem. **Oecologia Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v. 4, n. 11, p. 493-502, 2007.

GEIST, H.; LAMBIN, E. Proximate causes and underlying driving forces of tropical deforestation. **BioScience**, Reston, n. 52, p. 143–150, 2002.

GOMES, J. O. **Distribuição espacial de anuros e lagartos ao longo de gradientes ambientais em uma floresta de terra firme na Amazônia Oriental, Pará, Brasil**. Pará, 2008. Dissertação. 103 p. (Mestre em Zoologia). Museu Paraense Emílio Goeldi e Universidade Federal do Pará.

HAMMER, Ø.; HARPER, D.A.T.; RYAN, P.D. **PAST - Palaeontological Statistics**, 2001. Disponível em: <[http://www.uv.es/~pardomv/pe/2001\\_1/past/pastprog/past.pdf](http://www.uv.es/~pardomv/pe/2001_1/past/pastprog/past.pdf)>. Acesso em: 22 dez. 2012.

HASS, A. **Territorialidade, Comportamento satélite e biologia reprodutiva de Hyla multifasciata Gunther, 1859. (Anura, Hylidae)**. São Luís, 1992. 37 p. Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal do Maranhão.

HEINEN, J. T. Comparisons of the leaf litter herpetofauna in abandoned cacao plantations and primary rain forest in Costa Rica: Some implications for faunal restoration. **Biotropica**, Zurich, v. 24, p. 431-439, 1992.

HEYER, W. R.; DONNELLY, M. A.; MCDIARMID, R. W.; HAYEK, L. A. C.; FOSTER, M. S. **Measuring and monitoring biological diversity. Standart methods for Amphibians**. 1. ed. Washington: Smithsonian Institution, 1994, 364 p.

LABGEO. **Mapeamento dos Solos da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Zutúia – Maranhão - Relatório Técnico**. Universidade Estadual do Maranhão, São Luis, 2011.

LEITE, C. M. P. L.; Piovesan, J. C.; Ramos, C. A. C.; Porto, T. J.; Santos, W. B.; Cunha, M. S.; Sousa, J. H. de; Cardozo, A. Y.; Herrera, J. B.; Nunes-Neto, N. F. Epistemologia e história da Ciência em Ecologia: o passo inicial na formação do ecólogo. **RBPG**, Brasília, v. 7, n. 14, p. 455 - 473, 2010.

LÉLIS, M. T. C. A epistemologia popperiana e sua aplicabilidade na teoria neoclássica. **Perspectiva Econômica**, n. 1, v. 2, p. 100-122, 2005. Disponível em: <http://www.perspectivaeconomica.unisinos.br/pdfs/44.pdf>. Acesso em: 11 mar. 2012.

LEWINSOHN, T. M.; PRADO, P. I. **Biodiversidade Brasileira: síntese do estado atual do conhecimento**. 1. ed. São Paulo: Editora Contexto, 2003, 106 p.

LYRA-JORGE, M. C.; RIBEIRO, M. C.; CIOCHETI, G.; TAMBOSI, L. R.; PIVELLO, V. R. Influence of multi-scale landscape structure on the occurrence of carnivorous mammals in a human-modified savanna, Brazil. **European Journal Wildlife Research**, Ottawa, v. 56, p. 359-368, 2010.

MARTENSEN, A. C.; PIMENTEL, R. G.; METZGER, J. P. Relative effects of fragment size and connectivity on bird community in the Atlantic Rain Forest: Implications for conservation. **Biological Conservation**, Boston, n. 141, p. 2184–2192, 2008.

MELO, R. M. **Distribuição espacial e temporal de girinos e predadores aquáticos em ambiente temporário na reserva de Itapiracó, São Luís, Ma, Nordeste do Brasil**. São Luís, Maranhão, 2001. 29 p. Monografia (Bacharel em Biologia) - Universidade Federal do Maranhão.

MENIN, M. **Padrões de distribuição e abundância de anuros em 64 km<sup>2</sup> de floresta de terra-firme na Amazônia Central**. Manaus, Amazonas, 2005. 116 p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas – Área de concentração em ecologia) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Universidade Federal do Amazonas.

METZGER, J. P. Como lidar com regras pouco óbvias para conservação da biodiversidade em paisagens fragmentadas. **Natureza & Conservação, ponto de vista**. Rio de Janeiro, v. 4, n. 2, p. 11-23, 2006.

NOGUEIRA, C. C. **Diversidade e Padrões de Distribuição da Fauna de Lagartos do Cerrado**. São Paulo, 2006. Tese. 297 p. (Doutor em Ciências, na Área de Ecologia). Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo.

ODA, W. Y. Microhabitat utilization and population density of the lizard *Gonatodes humeralis* (Guichenot, 1855) (Reptilia: Squamata: Gekkonidae) in forest areas in Manaus, Amazon, Brazil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi - Ciências Naturais**, Belém, v. 3, n. 2, p. 165-177, 2008.

PAVAN, D. **Assembléias de répteis e anfíbios do cerrado ao longo da bacia do rio Tocantins e o impacto do aproveitamento hidrelétrico da região na sua conservação**. São Paulo, 2007. 414 p. Tese (Doutorado em Ciências, na área de Zoologia) - Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, Departamento de Zoologia.

PEARMAN, P.B. Correlates of amphibian diversity in an altered landscape of Amazonian Ecuador. **Conservation Biology**, Washington, DC, v. 11, n. 5, p. 1211-1225, 1997.

ROCHA, C. F. D.; BERGALLO, H. G.; SLUYS, M. van; ALVES, M. A. S. **Biologia da Conservação: Essências**. 1. ed.. São Carlos: RiMa, 2006, 582 p.

RODRIGUEZ-MENDONZA, C.; PINEDA, E. Importance of riparian remnants for frogs species diversity in a highly fragmented rainforest. **Biological Letter**, v. 6, p. 781-784, 2010.

RODRIGUES, M. T. Conservação dos répteis brasileiros: os desafios para um país megadiverso. **Megadiversidade**, Belo Horizonte, v. 1, n. 01, 2005. Disponível em <[http://www.conservation.org.br/publicações/files/13\\_Rodrigues.pdf](http://www.conservation.org.br/publicações/files/13_Rodrigues.pdf)>. Acesso em: 03 mar. 2012.

SANTANA, D. J.; TOSTES, L. M. F. Aspectos da história natural e territorialidade de *Pseudopaludicola mystacalis* Cope, 1887 (Anura, Leiuperidae). **Duc in Altum**, v. 7, p. 11 – 14. 2007. Disponível em: <[http://www.museudezoologia.ufv.br/pub/pseudopaludicola\\_mystacalis.pdf](http://www.museudezoologia.ufv.br/pub/pseudopaludicola_mystacalis.pdf)>. Acesso em: 10 dez. 2011.

SANTOS, T. G. dos; ROSSA-FERES, D. C.; CASATTI, L. Diversidade e distribuição espaço-temporal de anuros em região com pronunciada estação seca no sudeste do Brasil. **Iheringia, Sér.Zool.**, Porto Alegre, v. 1, n. 97, p. 37-49, 2007.

SILVA, F. R. da; ROSSA-FERES, D. C. Uso de fragmentos florestais por anuros (Amphibia) de área aberta na região noroeste do Estado de São Paulo. **Biota Neotropica**, Zurich, v. 7, n. 2, 2007. Disponível em: <<http://www.biotaneotropica.org.br/v7n2/pt/abstract?article+bn03707022007>>. Acesso em: 18 jul 2011.

TOCHER, M.D., GASCON, C., ZIMMERMAN, B. L. Fragmentation effects on a Central Amazonian frog community: a ten-year study. In: W. F. Laurance, R. O. Bierregaard: **Tropical Forests Remnants**: 124-137. The University of Chicago Press, Chicago. 1997.

TUOMISTO, H.; RUOKOLIANEN, K.; AGUILAR, M.; SARMIENTO, A. Floristic patterns along a 43-km long transect in an Amazonian rain forest. **Journal of Ecology**, London, v. 91, p. 743-756, 2003.

TURCI, L. C. B.; BERNARDI, P. S. Levantamento Herpetofaunístico em uma localidade no município de Coacal, Rondônia, Brasil. **Bioikos**, Campinas, v. 2, n. 22, p. 101-108, 2008.

VASCONCELOS, T.S.; ROSSA-FERES, D.C. Spatial and temporal distribution, and diversity of anuran (Amphibia, Anura) in Nova Itapirema, northwestern São Paulo State, Brazil. **Biota Neotropica**, v. 5, n. 2, 2005. Disponível em: <<http://www.biotaneotropica.org.br/v5n2/pt/abstract?article+BN01705022005>>. Acesso em: 20 jun. 2011.

VITT, L.; MAGNUSSON, W. E.; PIRES, T. C. A.; LIMA, A. P. **Guia de lagartos da Reserva Adolpho Ducke, Amazônia Central**. 1. ed. Manaus: Áttema Design Editorial, 2008. 176 p.

ZUUR, A.G.; IENO, E.N.; WALKER, N.J.; SAVALIEV, A.A.; SMITH, G.M. **Mixed effects models and extensions in ecology with r**. Springer, 1. ed. New York, USA: editor, 2009. 574 p.

WIENS, J.; SUTTER, R.; ANDERSON, M.; BLANCHARD, J.; BARNETT, A.; AGUILAR-AMUCHASTEGUI, N.; AVERY, C.; LAINE, S. Selecting and conserving lands for biodiversity: The role of remote sensing. **Remote Sensing of Environment**. St. Paul, MN, v. 113, n. 7, p. 1370 – 1381. 2009.

## CAPÍTULO 6

# SUSTENTABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DA EXTRAÇÃO DE JANAÚBA (*Himatanthus Willd. ex Schult.*) NO MUNICÍPIO DE ALCÂNTARA

Jairo Fernando Pereira Linhares; Claudio Urbano Bittencourt Pinheiro; Naíla Arraes de Araujo.

## INTRODUÇÃO

Janaúba é o nome mais popularmente conhecido das espécies pertencentes ao gênero *Himatanthus* que ocorrem no Estado do Maranhão. Segundo informações de feirantes que comercializam plantas medicinais nos principais mercados e feiras de São Luis (Mercado da Praia Grande, Mercado Central, Mercado do São Cristóvão, Feira do João Paulo, Feira da Cohab) e de moradores do município de Alcântara, a janaúba possui um amplo espectro de usos que vai desde o tratamento de inflamações uterinas, gastrite, uso veterinário, uso em emplastos, fortificante, complemento alimentar, até tratamento de câncer. O látex da planta é muito utilizado e conhecido regionalmente como “leite de janaúba”.

No município de Alcântara, o látex de janaúba é tradicionalmente extraído de populações naturais em ecossistemas florestais e representa fonte de renda complementar para parte da população rural, onde é comercializado pelos extrativistas de duas formas: diretamente ao consumidor, geralmente sob encomenda, onde na maioria das vezes a venda é feita entre os próprios moradores da comunidade e/ou do município. A outra forma, é a venda para atravessadores que compram o látex em quantidades maiores, e revendem a feirantes dos mercados da capital.

O método de extração de látex de janaúba na mata, e a posterior elaboração do “leite de janaúba” propriamente dito, envolve uma sequência de operações, a saber: 1) retirada da casca com emprego de facão; 2) espera pela exsudação de látex da região do córtex; 3) coleta de látex com auxílio de esponja embebida em água; 4) compressão de esponja embebida com solução látex-água em recipiente com água; 5) decantação da solução látex-água até formar uma solução bifásica e posterior descarte da fração-água; 6) filtragem da solução látex-água em pano de algodão branco; 7) e por último, o envasamento do produto.

O extrativismo de látex de janaúba em Alcântara vem adquirindo importância crescente como alternativa de renda por parte da população rural local. Entretanto, o extrativismo de janaúba

só poderá ser mais bem compreendido, se for analisado o contexto histórico, social e econômico do município de Alcântara, e, por conseguinte, a influência deste sobre a atividade extrativa.

Neste, o objetivo geral deste trabalho foi avaliar a sustentabilidade da exploração da janaúba (*Himatanthus Willd. ex Schult.*) em suas dimensões ecológica, social, econômica no município de Alcântara. Mais especificamente, procurou-se: 1) Identificar os tensores ambientais existentes sobre as populações de janaúba; 2) Caracterizar o sistema de exploração atual de látex de janaúba em seus aspectos técnicos, operacionais e econômicos, em especial a(s) técnica(s) empregada(s) na extração do látex; 3) Estimar a produtividade de látex de janaúba nos seus vários ambientes de ocorrência, empregando a técnica de extração mais usual (esponja e água); 4) Estimar os custos de produção da extração de látex; 5) Identificar botanicamente as duas etnoespécies de janaúba que ocorrem nas áreas estudadas; 6) gerar indicador de qualidade microbiológica do produto extraído em sistema de extração tradicional; 7) Avaliar as potencialidades das espécies como recurso natural regional.

## METODOLOGIA

A metodologia consistiu de várias etapas: aplicação de questionário etnobotânico para caracterização do informante e do sistema de extração de látex; extração experimental nas áreas de ocorrência; estimativa dos custos de produção; análise microbiológica. As áreas específicas do estudo foram a comunidade litorânea de Canelatiua e a agrovila Peru.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Caracterização sócio-econômica do informante e do sistema de produção

Do total de 11 informantes, 6 pertencem à comunidade da Agrovila Peru (55%) e 5 pertencem à comunidade de Canelatiua (45%). As idades variaram entre 29 e 86 anos, média de 57,5 anos. A faixa etária entre 44-48 anos, foi a que apresentou o maior número de informantes do sexo feminino (18,18%), enquanto que a maioria dos informantes do sexo masculino situa-se na faixa etária entre 49-53 anos, portanto, mais velha (18,18%). Embora o sexo masculino seja quantitativamente superior ao feminino (54% a 46%), a faixa etária entre 34-38 anos (18,18%) apresentou distribuição equitativa entre ambos os sexos, além de ter sido a faixa etária mais jovem com a maior frequência observada. Isto pode indicar que está havendo uma tendência de ambos os sexos darem continuidade ao sistema de produção extrativa da janaúba, uma vez que os informantes foram selecionados no método de bola de neve. Dessa forma apenas os informantes praticantes da extração de látex foram ouvidos.

Quanto ao estado civil, ficou assim distribuído entre os informantes deste estudo: os casados (45%), os que vivem juntos (45%), e os solteiros (10%). Os alfabetizados são maioria (63%). O nível de escolaridade entre os alfabetizados varia entre a 1ª e a 8ª séries. A religião predominante é a evangélica (54%), seguida pela católica (45%). Quanto à etnia, estão assim representados: negros (36%), pardos (36%), caboclos (18%) e mamelucos (10%). A maioria dos informantes não é nascida no local onde moram (64%), sendo que em Canelatiua, apenas um informante não é nascido na comunidade (Cema – sede de Alcântara), já na Agrovila Peru, todos os informantes nasceram em outras comunidades de Alcântara (Cavém, Ladeira, Titica, Pedro Marinho e Santa Cruz). O tempo de residência no local variou entre 12 e 86 anos, média de 49 anos. Sendo 23 e 22 anos, os tempos de residência com maior frequência

(36% e 18%). O número de pessoas por família variou entre 1 e 8 pessoas, média de 4 pessoas/família.

Quanto às fontes de subsistência, a principal é a agricultura (36%), seguida por agricultura/aposentadoria (18%), agricultura/pesca (18%), agricultura/pesca/extratativismo – principalmente de janaúba, carvão e mariscos. (18%), e os exclusivamente aposentados são apenas (10%). Segundo Almeida (2006), os aposentados são vistos nos povoados de Alcântara, de forma positiva, pois injetam permanentemente recursos para o consumo básico e garantem a provisão de bens essenciais, mesmo nos períodos mais críticos, como os intermédios entre uma colheita e outra (ALMEIDA, 2006).

Quanto à participação em sindicatos e/ou associações, a maioria é sindicalizada pelo Sindicato dos Trabalhadores e Trabalhadoras Rurais (63%), e os participantes de associações representam 45%.

Em relação ao sistema de produção agrícola, o tamanho das roças variou entre 1-10 linhas (01 linha corresponde a 1/3 de hectare), sendo as roças com 2-3 linhas as mais frequentes (18% e 27%). Há dez anos, os tamanhos variavam entre 2-13 linhas, sendo a roça de 4 linhas a mais frequente (36%). O tempo de pousio variou entre 4 e 20 anos, com tempos variando entre 5, 10 e 18 anos. Há dez anos o tempo de pousio variava entre 4 e 22 anos. Entre os produtos oriundos da roça considerados mais importantes para o autoconsumo estão a farinha (91%) e o arroz (9%). O produto mais vendido é a farinha com 45% das citações.

Os tempos de pousio são determinados pelo uso seguido de uma mesma área, pelas condições da fertilidade natural do solo, e ainda pela quantidade de biomassa vegetal existente nas capoeiras. Segundo a noção estabelecida pelos próprios agricultores da vegetação secundária em: capoeira rala (vegetação secundária pouco densa) e capoeira grossa (vegetação secundária densa). Definem a partir daí o tempo em que cada capoeira levará para ser queimada para mineralização de sua biomassa, e incorporada ao solo sob a forma de cinzas.

Os cultivos das roças são feitos tanto na estação chuvosa, chamada de “roça de inverno”, quanto na estação seca, chamada de “roça de verão”. Na roça de inverno, a produção de alimentos é mais diversificada, além da mandioca, são cultivados ainda, milho, melancia, abóbora, feijão, e arroz. Na roça de verão, é observada somente a presença de mandioca. Em relação ao sistema de extração de látex de janaúba, a maioria dos informantes aprendeu extrair o látex com o vizinho (64%), ou sozinhos (18%). O tempo de experiência na extração de látex, variou entre 1 e 68 anos; a média é de 34,5 anos, muito embora a grande maioria (72,72%) possuíam entre 1-10 anos de experiência na extração de látex (QUADRO 1).

QUADRO 1. Tempo de experiência dos entrevistados na extração de látex

Tempo de experiência	Sexo masculino	Sexo feminino	%
01-10	5	3	72,72
11-20	0	2	18,18
21-30	0	0	0
31-40	0	0	0

41-50	0	0	0
51-60	0	0	0
61-70	1	0	9,09
Total	6	5	99,99

As propriedades medicinais mais citadas do uso do látex da janaúba foram para tratamento de gastrite com 82%, processos inflamatórios diversos 73%, câncer 18% e anemia 18%. A maioria conhece duas etnoespécies de janaúba, a vermelha e a branca com 91% das citações, e a minoria (9%) diz conhecer quatro etnoespécies, a vermelha, a preta, a branca e a cinza. Este estudo confirmou através do levantamento fitossociológico das áreas de ocorrência de janaúba [*Himatanthus* Willd. ex Schult] confirmando botanicamente apenas a presença da vermelha e da branca, conforme mostrado em item anterior.

A totalidade sabe fazer a diferença entre as etnoespécies, pelas seguintes características e/ou órgãos da planta: (27%) pela folha, (27%) pela casca, (36%) pela folha e casca, e (10%) pela folha, casca e hábito de crescimento da planta. Em relação à qualidade das etnoespécies, a maioria acha que a janaúba branca é a melhor (54%); para (36%) não há diferença, e a minoria acha a janaúba vermelha melhor (10%). Entre as melhores características da janaúba branca citadas estão à maior produção de látex e maior facilidade de extração (27% e 18% respectivamente). A janaúba branca (45%) é mais abundante que a vermelha (36%); a minoria dos informantes acha que as duas etnoespécies ocorrem com a mesma frequência (19%). Este estudo confirmou que a ocorrência das etnoespécies variava em relação às duas comunidades estudadas. Na comunidade de Canelatiua ocorria a predominância da janaúba vermelha, enquanto que a comunidade da Agrovila Peru, a janaúba branca era mais frequentemente observada.

Quanto aos apetrechos utilizados para extração de látex, a ampla maioria utiliza facão, esponja, e uma vasilha (82%); a minoria utiliza facão, colher e uma vasilha (9%); ou então facão, luvas, esponja e uma vasilha (9%). Ao que tudo indica o método de extração com o uso de colher, embora menos utilizado, é o método de extração onde há menor contato direto com o látex, garantindo a princípio melhor qualidade microbiológica ao produto extraído.

A totalidade afirma que quanto maior a árvore maior produção de látex, e confere à estação chuvosa (inverno nordestino), como o período de maior produção de látex (82%). Entretanto, a totalidade atribui à estação seca (verão nordestino), o período onde a produção de látex é considerada de melhor qualidade. Para a maioria, a lua influencia na produção de látex (82%), e atribuem à lua cheia (45%) como sendo a melhor fase para a extração e 27% dos entrevistados acham a lua cheia e a lua nova, como as melhores fases.

Em relação à existência de “cuidados” empregados para não sacrificar a árvore, o cuidado mais tomado é para não danificar o córtex (45%), seguido do cuidado para não provocar anelamento na árvore (9%), não danificar o córtex e fazer retirada sem provocar anelamento (9%), fazer a rotação de árvores extraídas (9%). Os que não tomam nenhum tipo de “cuidado” na extração somam 27%.

A totalidade considera as áreas inundáveis (várzea e matas de galeria); e a terra firme, como os ambientes principais de ocorrência da janaúba. Em relação à produtividade nos ambientes de ocorrência, a maioria confere maior produtividade às áreas inundáveis (91%). Quanto à ocorrência de algum tipo de praga, 91% citam a lagarta, onde o mês de março é citado como o de maior incidência de ataque (64%).



Para a maioria dos extrativistas, a quantidade de árvores de janaúba está diminuindo nas áreas de ocorrência (64%). Quanto às causas dessa diminuição, a maioria atribui às práticas do roçado associado à sobreexploração (27%), seguidos isoladamente, pelo roçado (18%) e pela sobreexploração (18%).

Para a maioria dos extrativistas, a procura pelo látex está aumentando nos últimos anos (73%). O ano de 2005 foi o mais citado como o ano base do aumento da procura de látex nos últimos anos (27%). Afirmam, entretanto que o preço não tem acompanhado a demanda (73%). As formas de comercialização estão divididas entre a venda para atravessadores (50%) e a venda sob encomenda (50%). O produto é acondicionado em garrafas, tendo o litro, como unidade de venda do produto.

Para Albuquerque e Andrade (2002), alguns fatores são capazes de comprometer a existência das plantas medicinais *in situ*: 1. Intenso consumo; 2. Ausência de cultivos ou pelo menos de alguma forma de propagação dessas plantas; 3. Uso para um mercado local, tradicional, e consumo por empresa para produção de fitoterápicos, o que exige grande quantidade de matéria-prima; 4. Desconhecimento da distribuição e amplitude das populações naturais dessas plantas de interesse econômico; 5. Ausência de estudos que avaliem o impacto das técnicas extrativistas na estrutura e biologia das populações.

### Determinação da fase produtiva inicial e estimativa da produtividade de látex

Para determinação da fase produtiva inicial das árvores de janaúba, foram registradas as espessuras de 31 indivíduos em fase produtiva, onde apresentaram variações entre 24 e 97 cm de circunferência. Entretanto, a faixa de espessura de caule entre 29-33 cm, foi a que apresentou a maior frequência entre as menores espessuras observadas.

Os locais das extrações experimentais foram os mesmos dos levantamentos fitossociológicos, ficando assim distribuídas o número de árvores em fase produtiva por cada área amostrada: Farol (N = 40), Araraí (N = 26), Ladeira do Baixio (N = 14) e Campina Grande (N = 10), perfazendo 90 indivíduos amostrados em fase produtiva.

O número de indivíduos em fase produtiva nas diferentes áreas amostradas, muito provavelmente tem relação com o histórico de uso agrícola e tempos de pousio praticados, além da existência de ambientes mais restritivos. Desta forma, **Campina Grande** está localizada em ambiente de restinga antropizada; **Ladeira do Baixio** possui histórico de uso agrícola de 7-8 anos; **Araraí** possui histórico de uso agrícola com tempo de pousio de  $\geq 30$  anos; **Farol**, apesar de algumas áreas serem submetidas às queimadas anuais para formação de pastagem para o gado, alguns trechos estão mais bem preservados por localizarem-se nas margens de grotas.

Para estimativa de produtividade de látex foram realizadas extrações experimentais no mês de dezembro (verão nordestino, baixa pluviosidade) e medidos os volumes e tempos gastos na extração de 90 árvores em fase produtiva com circunferência a altura do peito (CAP)  $\geq 30$  cm e medidas as respectivas alturas.

Na análise geral das áreas, as árvores apresentaram CAP média de 45,30 cm (DP = 10,95), altura média de 8,31 m (DP = 1,88), produção média de produto (látex + água) extraído por árvore é de 0,73 litros (DP = 0,25), com tempo médio de extração em torno de 3,6 minutos (DP = 0,77), após esse tempo a exsudação de látex foi diminuindo à medida que aumentava a coagulação de látex na região do córtex. O intervalo entre as extrações obedeceu ao tempo de renovação da casca extraída. Entretanto, não foi possível mensurar esse tempo, devido as extrações realizadas nessas localidades terem sido realizadas de forma esporádica.

A altura média e CAP média de janaúba superior às da flora acompanhante amostrada em todos os ambientes (excessão feita à localidade do Farol onde apenas a CAP é superior a flora acompanhante). Isso pode significar preservação da janaúba pelo seu valor extrativo, uma vez que os indivíduos jovens da espécie quando presentes nos roçados são mantidos pelos agricultores, ou ainda, o crescimento mais rápido em relação às outras espécies.

A espessura dos indivíduos evidenciou ser a característica morfológica mais variável na produção de látex quando comparada à altura das árvores. A variação entre as produções não refletiu a maior ou menor produtividade das áreas de extração, e sim, a quantidade de árvores em fase produtiva existentes em cada localidade. Os dados obtidos não sugerem variação na produção como função da diferença ambiental dos locais amostrados. As diferenças entre altura e CAP dos indivíduos amostrados também não foram significativas, de modo a sugerir variações como resultadas dessas diferenças. Pelos resultados obtidos, as diferenças em solos nas áreas não foi fator preponderante para produzir diferenças significativas na produção de látex.

Pode-se inferir a partir dos dados, que a diferença de CAP pode ser responsável por diferenças no tempo de extração, embora pequenas. Nos indivíduos com CAP maiores (50,50 cm e 53,90 cm), o tempo de extração foi ligeiramente menor que os demais (TABELA 1).

Tabela 1. Estimativa de produção de látex e tempos de extração durante estação seca, em quatro localidades da Comunidade de Canelatiua. 2009

Local	CAP (cm)	DP	CV	Al-tura (m)	DP	CV	Pro-du-ção (litro)	DP	CV	Tem-po de extra-ção (min.)	DP	CV
Farol	42,82	9,13	21%	7,23	1,21	17%	0,77	0,25	32%	3,7	0,87	24%
Araraí	43,00	7,41	17%	9,65	1,35	14%	0,65	0,24	37%	3,7	0,75	20%
La-deira do Bai-xio	50,50	13,39	27%	9,64	1,95	20%	0,75	0,26	35%	3,5	0,65	19%
Cam-pina Grande	53,90	15,72	29%	7,30	2,00	27%	0,70	0,26	37%	3,4	0,51	15%

DP (Desvio Padrão); CV (Coeficiente de Variância).

### Estimativa dos custos e rentabilidade do sistema de extração de látex

Com base na coleta de informações sobre os custos de produção e a rentabilidade do sistema de extração de látex, obtidos através de painel técnico envolvendo 6 participantes entre extrativistas e atravessadores, obteve-se os custos operacionais do sistema de produção de látex de janaúba (TABELA 2).

Tabela 2. Custos operacionais para extração de látex de janaúba, em sistema tradicional de produção, no ano de 2009 (1.600 l), Agrovila Peru, Alcântara-MA.

Custo operacional (R\$)					
Discriminação / Etapas	Unid.	Quant.	Vi. Unit.	Vi. Total	Participação
(%)				5.091	97,00
Serviços:	-	-		4.800	
Deslocamento p/ áreas de extração	dh.	240	20,00	4.800	
Materiais / Insumos				301,00	
Facão			10,00	10,00	
Bainha p/ Facão			20,00	20,00	
Balde (12 l)			5,00	5,00	
Esponja		320	0,50	160,00	
Bombona (10 l)			10,00	10,00	
Calça			20,00	20,00	
Bota			40,00	40,00	
Água	Litro	1.600	-	36,00	
2. Filtração e Envasamento				170,25	3,00
Serviços	-	-	-	-	
Filtragem e Envasamento	-	-	-		
Materiais:	-	-	-	-	
Pano de algodão			2,00	2,00	
Garrafa			0,10	160,00	
Bacia			5,25	5,25	
Funil			3,00	3,00	
Despesas com serviços	-		-	4.800	91,0
Despesas com materiais + Insumo	-		-	471,25	9,0
Despesas totais (Serviços + Materiais + Insumo)	-		-	5.271,25	100,0
Receita bruta	Litro	1.600	4,00	6.400	+ 121,4
Receita líquida	-	-	-	1.128,75	
Total de mão-de-obra	-	240	-	-	-

Fonte: dados obtidos na pesquisa.

Onde: dh = dia homem; vb = verba (valor financeiro estimado). CUP  
 (custo total ÷ produção total) = 5.271,25 ÷ 1.600 l = R\$ 3,29

Considerando que o preço de látex de janaúba praticado no ano de 2009 foi de R\$ 4,00 por litro para uma produção de 1.600 litros, verificou-se que as receitas foram suficientes para cobrir os custos totais. A receita bruta (R\$ 6.400,00) representou 21,4% a mais que as despesas totais (R\$ 5.271,25). Dessa forma o sistema apresentou rentabilidade positiva. Resultado diferente foi obtido para o sistema de extração de látex de seringueira, onde a receita bruta representou aproximadamente 35% dos custos operacionais ou totais (SANTOS *et al*, 2003).

O custo de produção de um litro de látex (R\$ 3,29) ficou abaixo do preço pago pelo atravessador (R\$ 4,00). Resultado contrário foi obtido por Santos *et al* (2003), onde o custo de um Kg de látex de seringueira (R\$ 3,39) ficou muito acima do valor pago ao extrativista (R\$ 1,40/Kg). Por outro lado, para o extrativista de látex de janaúba receber o valor correspondente à diária praticada na região (R\$ 20,00), o mesmo tem que extrair aproximadamente 29 litros de látex/dia, tornando a atividade declinante e economicamente inviável.

As despesas com serviços representaram 91% dos custos totais, considerando que essa atividade é realizada exclusivamente pelos extrativistas, verificou-se que eles absorvem integralmente essa despesa. Da mesma forma, a despesa com serviços no sistema extrativo de látex de seringueira representou cerca de 89%, onde a família dos extrativistas absorve integralmente essa despesa (SANTOS *et al*, 2003). A etapa de extração de látex propriamente dita representou 97% das despesas totais, enquanto que a etapa de filtragem e envasamento corresponde apenas 3% das despesas.

### **Indicador de qualidade microbiológica de látex de *Himatanthus* (Apocynaceae)**

O resultado da análise microbiológica indicou presença de coliformes totais MP/ml (2.400); coliformes a 45° NMP/ml (3,6); e *Staphylococcus aureus* ( $1,3 \times 10^4$  UFC/ml). O resultado da análise microbiológica embora restrita a apenas uma amostra do material, indica a necessidade de estudos mais aprofundados sobre a questão, considerando o elevado consumo de látex de janaúba por parte da população. Indica ao mesmo tempo ser do interesse da saúde pública que sejam estabelecidas normas para a extração, manipulação, envasamento e comercialização do produto e o controle permanente de sua qualidade.

Amaral *et al* (2003) no Estado do Maranhão selecionaram 12 espécies de plantas medicinais comercializadas em cinco mercados de São Luis (Mercado Central; Praia Grande; João Paulo; Liberdade e Cohab), e realizaram análises qualitativas para as seguintes plantas: aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão), boldo (*Peumus boldus* Molina), cabacinha (*Luffa operculata* Cogn.), capim-santo (*Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf), carqueja (*Baccharis trimera* Less.), enxuga (*Alternanthera tenella* Colla), jucá (*Caesalpinia ferrea* Mart.), melão de são Caetano (*Momordica charantia* L.), pau-d'arco roxo (*Tabebuia avellanadae* Lor. ex Griseb), romã (*Punica granatum* L.), sene (*Senna alexandrina* Mill) e sucupira (*Bowdichia virgilioides* Kunth). Constataram que 62% das amostras apresentavam valores de umidade acima do recomendado, 86% continham impurezas acima do permitido e 81,5% estavam microbiologicamente contaminadas.

No Estado do Paraná foram selecionadas 72 amostras de 27 espécies diferentes de plantas medicinais, obtidas em sete regiões produtoras. As espécies de interesse, de cada região produtora, foram selecionadas em função do volume produzido e da importância da produção para cada região. Comprovou-se que 79% do total não atendiam aos parâmetros estabelecidos pela OMS, pelo fato de apresentarem contagens de microorganismos aeróbios e de bolores e leveduras elevadas (ZARONI *et al* 2004).

Em se tratando dos possíveis aspectos relacionados à contaminação microbiológica do látex de janaúba, ao que tudo indica todas as etapas do sistema de extração, no método de extração mais usual (esponja e água) expõem o produto à contaminação microbiológica, tanto pelo contato direto das mãos com o produto, quanto por questões referentes à qualidade da água utilizada no processo; assepsia de equipamentos e utensílios como facão, esponja, recipientes de coleta; garrafa para envasamento, e também o próprio ambiente florestal, são pontos críticos a serem observados.

Para melhoria da qualidade microbiológica de látex produzido, levando em consideração a tecnologia local, poderia a princípio, haver a substituição do sistema de extração mais usual (esponja e água), pelo método menos utilizado que utiliza o facão e a colher, diminuindo com isso, focos importantes de contaminação microbiológica.

A água que entra como insumo em qualquer um dos métodos empregados localmente, (inclusive com a utilização da colher) deveria ser fervida antes de ser utilizada, bem como, medidas de higienização para os demais equipamentos utilizados no processo de extração, como: facão, colher e balde poderiam ser lavados com água, sabão e posteriormente submetidos a um banho com solução de hipoclorito e água, antes de serem utilizados.

A etapa de filtração e envazamento é igualmente importante, não devendo portanto, prescindir de medidas de higienização, pois compromete toda a etapa que a antecede. O pano de algodão no qual o produto é filtrado, bem como os recipientes que entram em contato com o produto, incluindo-se aí a garrafa para o envazamento, deveriam passar por procedimentos semelhantes de higienização. As condições de higiene e de saúde do extrativista são aspectos importantíssimos a serem considerados.

Finalizando, Melo (2007) afirma que a qualidade dos produtos à base de plantas medicinais, comercializados no Brasil, é cada vez mais preocupante, e que pesquisas científicas têm apontado a presença de diversas irregularidades que comprometem a eficácia e põem em risco a saúde do consumidor.

## CONCLUSÃO

Conclui-se, portanto, que medidas de manejo devem ser definidas e implementadas para controle da sobre exploração da espécie, proteção das áreas de ocorrência, melhoria do sistema de produção, tornando-o mais rentável e seguro, do ponto de vista ambiental e da saúde pública. Para que essas medidas possam ser desenvolvidas, é necessário o atendimento de questões referentes a: número efetivo de extrativistas em atividade; levantamento do número de indivíduos de janaúba em fase produtiva nas populações regionais; determinação de intervalo padrão entre as extrações; avaliação dos métodos utilizados tradicionalmente, com determinação daquele que menos expõe o produto a fontes de contaminação; estímulo à formação de associação de extrativistas; efetiva fiscalização dos órgãos ambientais; e, por último, definição e implementação de política de garantia de preço mínimo para o produto.

## REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, U. P.; ANDRADE, L. H. C. **Conhecimento botânico tradicional e conservação em uma área de caatinga no Estado de Pernambuco, Nordeste do Brasil.** Acta botânica brasileira. 16 (3): 273-285. 2002.

ALMEIDA, A. W. B. **Os quilombolas e a base de lançamento de foguetes de Alcântara:** laudo antropológico / Alfredo Wagner Berno de Almeida. – Brasília: MMA, 2006. v. 2., p. 19-115.

AMARAL, F.M.M.; COUTINHO, D.F.; RIBEIRO, M.N.S.; OLIVEIRA, M.A. **Avaliação da qualidade de drogas vegetais comercializadas em São Luís/Maranhão.** Rev. Bras. Farmacogn., v. 13, supl., p. 27-30, 2003.

MELO, J. G. **Controle de qualidade e prioridades de conservação de plantas medicinais comercializadas no Brasil.** Recife: UFRPE, 2007. 96f. Dissertação (Mestrado em Botânica) Programa de Pós-graduação em Botânica. Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2007.

SANTOS, A. J.; HILDEBRAND, E.; PACHECO, C. H. P.; PIRES, P. T. L.; ROCHADELLI, R. **Produtos não madeireiros: conceituação, classificação, valoração e mercados.** Revista Floresta 33(2) p215-224. 2003.

ZARONI, M.; PONTAROLO, R.; ABRAHÃO, W. S. M.; FÁVERO, M. L. D.; CORREA JÚNIOR, C.; STREMEL, D.P. **Qualidade microbiológica das plantas medicinais produzidas no Estado do Paraná.** Revista Brasileira de Farmacognosia, V. 14, n. 1 29-39, 2004.

## CAPÍTULO 7

# SUBSÍDIO PARA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE PAGAMENTO POR SERVIÇOS AMBIENTAIS (PSA) PARA OS MANGUEZAIS AMAZÔNICOS DA RESERVA EXTRATIVISTA DE CURURUPU

Bruno de Brito Gueiros Souza; Rafael Alexandre Rizzo; Naíla Arraes de Araujo; Denilson da Silva Bezerra.

## INTRODUÇÃO

Mantemos uma relação de dependência direta com os recursos disponíveis na natureza, pois necessitamos de ar puro, água potável e ambiente equilibrado. São pelos “bens” ambientais que percebemos a ligação direta entre a vida humana e os serviços ambientais. Bens como madeira, biomassa, fibras naturais, substâncias farmacêuticas e etc., são necessários à nossa existência e, além disso, os serviços ambientais como reciclagem, renovação e limpeza dos ecossistemas proporcionam muitos benefícios intangíveis, estéticos e culturais, reforçando a grande lista de benefícios provenientes desses serviços (ANDRADE, 2007).

Na biosfera terrestre contamos com diversos ecossistemas, por exemplo, floresta amazônica, mata atlântica, oceanos, etc., cada um com sua representatividade e com bens e serviços ecossistêmicos específicos. O manguezal é um ecossistema, e promove bens e serviços importantes para o equilíbrio ambiental terrestre e marinho do planeta.

A vegetação de um manguezal, por exemplo, pode atuar na retenção de sedimentos, interferindo na frequência da dragagem dos canais e portos, o que pode ter valor significativo para as grandes indústrias (DAMASCENO, 2009).

Contudo, muito pouco discutida é a extensão da dependência que as atividades econômicas humanas têm em relação aos processos químicos e biológicos dos ecossistemas (THE WORLD BANK, 2004) e, além disso, a carência de uma quantificação apropriada dos recursos ambientais e naturais resulta em uma indesejável exploração e degradação de ecossistemas complexos como os manguezais (KAPLOWITZ, 2000).

O ecossistema manguezal representa cerca de 8% de toda linha da costa do planeta e um quarto da linha de costa da zona tropical. Este ecossistema apresenta diversidade de serviços ecossistêmicos segundo UNEP-WCMC (2006), que são a base para manutenção do equilíbrio do planeta, incluindo o ser humano.

No Maranhão encontram-se mais de 40% dos 13.400 km<sup>2</sup> de manguezal do Brasil (SPALDING, BLASCO & FIELD, 1997; SOUZA FILHO, 2005) e a Reserva Extrativista Marinha (RESEX) de Cururupu, área de estudo deste trabalho, representa parte deste percentual.

A RESEX de Cururupu apresenta-se como um possível fornecedor de bens e serviços ambientais, podendo ser importantes para a implantação de um Sistema de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA). Este novo instrumento econômico visa à manutenção da qualidade ambiental com práticas que protejam ou beneficiem o meio ambiente. Dessa forma, comunidades, governos e até propriedades privadas que apresentaremos serviços ambientais bem definidos, áreas ambientais delimitadas e garantirem a permanência da oferta dos serviços ambientais estarão aptos a buscar recursos financeiros ou não, via os sistemas de PSA.

Pagamentos por Serviços Ambientais (PSA) estão sendo discutidos em âmbito global, tendo sido apontados como promissores instrumentos econômicos para gestão ambiental em diferentes escalas (WUNDER, 2008).

Neste sentido, a Comissão de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (CMADS) da Câmara dos Deputados, aprovou por unanimidade, em primeiro de Janeiro de 2010, o substitutivo ao Projeto de Lei N° 792/07, onde se institui o Programa Federal de Pagamentos por Serviços Ambientais (ProPSA), e uma série de diretrizes para fundamentar o início deste inovador sistema.

Este instrumento econômico que é realidade no Brasil em ecossistemas como floresta amazônica e mata atlântica, pode ser aplicado em áreas marinhas e costeiras marinhas, como por exemplo, os manguezais amazônicos, demandando discussões prévias sobre o tema.

Com o intuito de subsidiar a elaboração do PSA: instrumento que busca alternativa economicamente eficiente, ambientalmente sustentável e socialmente equitativa, apresenta-se os serviços ambientais da RESEX de Cururupu sobre o viés da comunidade local (os mantenedores dos serviços ambientais) e dos especialistas na região (cientistas e pesquisadores com experiência na área), para que juntamente com as questões sociais e ambientais locais da comunidade possa-se tecer uma análise para esta nova proposta que é o PSA.

Neste sentido, o objetivo geral deste trabalho foi buscar uma avaliação de mecanismos e condições para implementação de sistemas de Pagamento por Serviços Ambientais direcionados para áreas de manguezais na Amazônia, considerando o estudo de caso da Reserva Extrativista Marinha de Cururupu.

## **METODOLOGIA**

### **Área de Estudo**

#### **Reserva Extrativista Marinha de Cururupu - características da região**

A Reserva Extrativista Marinha de Cururupu abrange o litoral de três municípios (Cururupu, Serrano e Apicum-açu (Figura 1) e está incluída no Pólo Ecoturístico da Floresta dos Guarás. Dentro do Sistema de Unidades de Conservação do Brasil a região é enquadrada e legalizada como uma Área de Proteção Ambiental (Reentrâncias Maranhenses) e Reserva extrativista Mari-



na (Cururupu e Serrano) e internacionalmente reconhecida como Sítio RAMSAR (Proteção de áreas úmidas e defesa de aves migratórias).



Figura 1- Localização da Área de Estudo (COSTA *et al.*, 2006)

A Reserva Extrativista Marinha de Cururupu, denominada neste documento RESEX de Cururupu está localizada no litoral amazônico oriental. A Reserva foi criada pelo Decreto Presidencial de 02 de junho de 2004, com área de 185.046 hectares. Visto que aproximadamente 1/3 desta área (62.300 hectares) é compreendida exclusivamente por florestas de mangue, isto corresponde a dizer que 5% de todo o território de manguezais brasileiros (1.225.444 hectares) está na RESEX. Equivale também a dizer que a RESEX posiciona-se sozinha como a 4ª maior área desse ecossistema dentre os Estados litorâneos brasileiros, perdendo apenas para Amapá, Pará e Bahia (GUEIROS; SILVEIRA & VILA-NOVA, 2011).

## Métodos e Análise dos Dados

Os métodos utilizados visaram o levantamento dos potenciais serviços ambientais da Reserva para a análise sobre a viabilidade de captação de recursos via PSA, potenciais pagadores e recebedores deste benefício. A coleta de dados e informações compreenderam a sondagem com as pessoas da comunidade (Grupo Focal), diretamente beneficiadas pelos serviços da RESEX, e especialistas, que pudessem embasar a percepção sobre os benefícios ambientais.

O delineamento da amostra foi definido pelos representantes do Conselho Deliberativo da RESEX de Cururupu e por especialistas na área de estudo.

### Grupo 1: Representantes do Conselho Deliberativo da RESEX

Esta etapa envolveu levantamento de dados primários através de questionários, onde se buscou informações gerais do tipo de uso que a comunidade fazia do ecossistema manguezal. As entrevistas com os representantes do Conselho Deliberativo buscaram verificar a percepção

ambiental dos participantes sobre os potenciais bens e serviços ambientais do ecossistema manguezal da RESEX de Cururupu, a relação entre a comunidade, a RESEX, o Município, o Estado, o Planeta e o benefício gerado pelo ecossistema, questões sobre o instrumento econômico PSA, e sobre a utilização do recurso proveniente do PSA. As informações esperadas eram do tipo qualitativa. Utilizou-se uma técnica qualitativa denominada Grupo Focal. As entrevistas foram do tipo semiestruturadas, ou seja, a partir de um roteiro previamente elaborado. A reunião aconteceu no período de 26 a 28 de Maio de 2011, na ilha de Peru na RESEX de Cururupu.

### Grupo 2: Especialistas

A escolha dos especialistas foi baseada no histórico profissional e utilizou-se a técnica Bola de Neve, totalizando 12 informantes-chave. No questionário aplicado, buscou-se verificar as percepções dos especialistas sobre os bens e serviços ambientais do ecossistema manguezal. Os bens e serviços ambientais do ecossistema manguezal foram apresentados aos entrevistados, solicitando dos mesmos uma relação entre cada bem e serviço ambiental com as cinco categorias: Comunidade, RESEX, Município, Estado e Planeta. Buscou-se discutir o PSA na RESEX e questões sociais envolvidas nesta nova proposta de conservação.

Para os possíveis pagadores foram levantadas as experiências mundiais bem como o projeto substitutivo ao Projeto de Lei N° 792, de 2007 que versa sobre a Política Nacional de PSA.

A definição dos bens e serviços ambientais em potencial da RESEX de Cururupu foi realizada a partir da análise direta resultante da pesquisa de campo, bem como através da percepção obtida nas entrevistas realizadas com os representantes do Conselho Deliberativo e especialistas na área de estudo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Bens e Serviços Ambientais da RESEX de Cururupu

A Figura 2 apresenta os bens e serviços ambientais do ecossistema manguezal, que podem ser relacionados aos manguezais da RESEX de Cururupu. O quadro foi adaptado a partir do trabalho de MA (2005) e UNEP-WCMC (2006):

<p><b>Serviços de Provisão</b></p> <p><i>Produtos obtidos dos ecossistemas</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pesca comercial e de subsistência;</li> <li>• Aquicultura;</li> <li>• Mel;</li> <li>• Madeira para Carvão;</li> <li>• Material de construção;</li> <li>• Medicina tradicional;</li> <li>• Biodiversidade</li> </ul>	<p><b>Serviços de Regulação</b></p> <p><i>Benefícios obtidos da regulação de processos ecossistêmicos</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Proteção de praias e da linha da costa contra tempestades, ondas e inundações;</li> <li>• Redução da erosão de solos e praias;</li> <li>• Estabilização da região por retenção de sedimentos;</li> <li>• Manutenção da qualidade da água;</li> <li>• Regulação Climática;</li> </ul>	<p><b>Serviços Culturais</b></p> <p><i>Benefícios imateriais obtidos dos ecossistemas</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Turismo e recreação;</li> <li>• Espiritual – Lugares sagrados;</li> </ul>
<p><b>Serviços de Suporte</b></p> <p><i>Serviços necessários para a produção de todos os outros serviços ambientais</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ciclagem de Nutrientes;</li> <li>• Berçários marinhos e terrestres</li> <li>• Proteção de espécies ameaçadas</li> </ul>		

Figura 2 - Bens e Serviços Ambientais do Ecossistema Manguezal

As entrevistas realizadas com os representantes do Conselho Deliberativo em 2011 apresentaram dados referentes aos usos realizados no ecossistema manguezal da RESEX de Cururupu pela comunidade.

O uso do solo foi apontado, entre outros, como local para jogar lixo, e o apicum, também foi mencionado para tal fim. É comum encontrar lixo nas praias, caminhos de praias, perto das moradias das casas. A questão dos resíduos sólidos é um ponto a ser discutido e resolvido pelos gestores públicos juntamente com a Comunidade Tradicional. Não há coleta de lixo nem regras para o problema em questão, onde cada família gerencia o lixo produzido. Este é um assunto importante que modifica a beleza cênica do local, e provavelmente polui o solo e lençol freático. Quando o lixo é queimado, gases do efeito estufa são emitidos. Cabe ressaltar que no Projeto de Lei do Senado nº 354, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, em seu artigo 25, disposição geral, observamos que o poder público, o setor empresarial e a coletividade são responsáveis pela efetividade das ações voltadas para assegurar o cumprimento da política em questão. Entende-se assim que todos precisam executar as atividades as quais conferir, dentro das atribuições de direito, ou seja, a prefeitura realiza a coleta de lixo e a população exige que seja feita a coleta, além de realizar suas atividades para manter a sanidade ambiental das comunidades da reserva.

### **Serviços de Provisão**

Segundo MA (2005), serviços de provisão são “produtos obtidos dos ecossistemas, como: alimento e fibras; água potável; medicamentos naturais; recursos de ornamentação”. Encontramos no substitutivo ao PL Nº 792/07 que serviços de provisão são: “os que fornecem bens ou produtos ambientais, utilizados pelo ser humano para consumo ou comercialização, tais como água, alimentos, óleos, látex, madeira, fibras e extratos”

Diversos autores confirmam que o ecossistema manguezal é muito produtivo relatando que os benefícios recebidos pela população são diversos. Dessa forma, muitos destes benefícios estão descritos como produtos obtidos pela caça, pesca, manejo, e entre eles podemos citar: extração de espécies de molusco, diversos crustáceos, captura de grande variedade de peixes, extração de madeira para carvão e construção de casas e cercas, substâncias farmacêuticas, taninos e a biodiversidade (REBELO-MOCHEL, 1997; KAPLOWITZ, 2000).

### ***Pesca comercial e de subsistência***

Para este serviço ambiental nota-se uma variação entre os grupos entrevistados. Para os conselheiros o benefício da pesca comercial e de subsistência alcança o estado do Maranhão e o Planeta, onde 20% dos entrevistados acreditam que o benefício está restrito apenas a comunidade (Figura 3).

Podemos entender que ao relacionar o benefício gerado pelo ecossistema, se tratando de pesca comercial e de subsistência, ao Maranhão, as outras categorias como comunidade, Resex, Cururupu estão sendo beneficiadas também. Neste caso, 50% dos especialistas entendem que o benefício engloba as quatro categorias (comunidade, Resex, Cururupu e Maranhão).

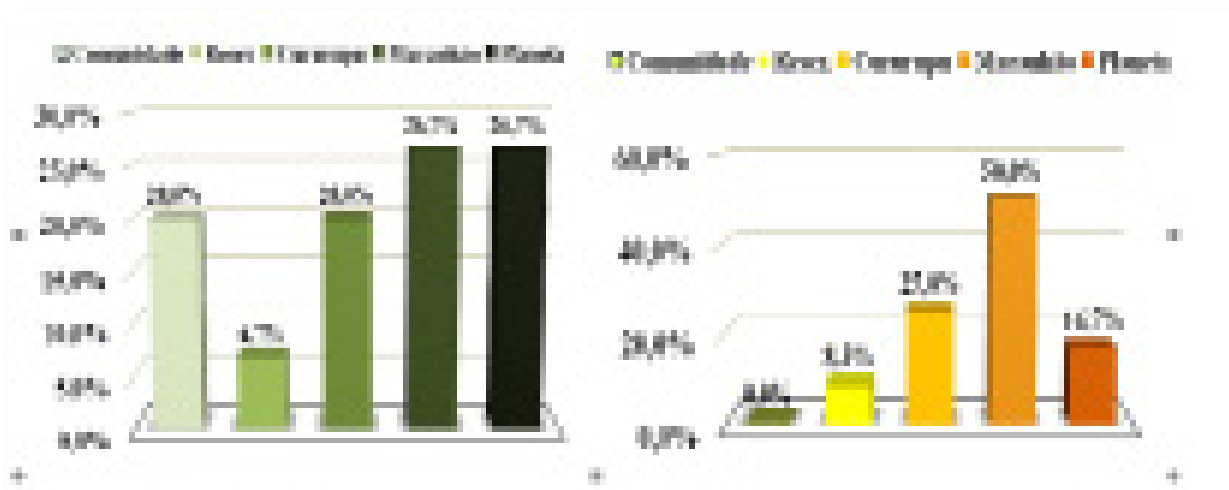


Figura 3 - Comparação sobre a pesca comercial e de subsistência: conselheiros (esquerda) e especialistas. (Relação entre o benefício gerado e as categorias de estudo: Comunidade, Resex, Cururupu, Maranhão e Planeta)

## Aquicultura

Neste caso, apenas 47% dos conselheiros entrevistados demonstraram interesse em dar opinião. Os 53% que não opinaram entendem que para esta atividade parte do ecossistema deveria ser modificado, construindo tanques e alterando a vazão da água em alguns pontos. Foi discutido que mesmo que seja um benefício proveniente de um serviço ambiental, é uma atividade impactante, que não justificaria o retorno financeiro do empreendimento. Mesmo assim 20% dos conselheiros visualizaram que este benefício poderia atingir a categoria Planeta, beneficiando todas as categorias anteriores quando os bens ambientais oriundos da atividade fossem comercializados nos mercados e feiras.

## Mel

“Bem ambiental com grande potencial para cosméticos, e com potencial econômico devido às várias floradas que o manguezal promove” (Sr. Alberto Cantanhede Lopes).

Os conselheiros, 40% dos entrevistados, entendem que este bem ambiental esteja relacionado à alimentação, relacionando-o à comunidade. Observa-se em contrapartida que os especialistas, 40% dos entrevistados, relacionam o bem ambiental à todas as categorias, quando relacionam com o Planeta. Para os especialistas esta atividade poderia ganhar o mercado nacional e internacional, com enfoque ambiental, quando este mel fosse relacionado ao manguezal amazônico.

## Madeira para carvão

Este bem ambiental é utilizado pelos Povos Tradicionais da RESEX de Cururupu, como fonte de energia. Todos os entrevistados sabem que é proibido o corte do mangue, porém para realidade da reserva, ressaltam que é uma saída possível. Algumas casas utilizam botijão de gás e apenas para alguns tipos de comida. O peixe cozido é sempre feita na lenha. Deve-se levar em consideração que todos os produtos nas ilhas sofrem o repasse do atravessador. É difícil pensar hoje, na total redução do uso da lenha para carvão nas ilhas sem um subsídio para o gás de cozinha. A venda de carvão de mangue é também uma fonte de renda rápida. Dessa forma

entendemos os 80% relacionados à comunidade (Figura 4). Em contrapartida, como apresentado pelos especialistas, o município de Cururupu também apresenta-se como beneficiário deste bem ambiental. Este bem ambiental entra em conflito com outros bens e serviços ambientais relacionados ao mangue, como o Mel, Serviço de regulação Climática, Medicina Tradicional, etc., devendo ser um ponto para discussão com as comunidades e população da cidade de Cururupu, podendo fazer parte de um programa de educação ambiental, de um programa de monitoramento, caso exista outra opção como fonte de energia para as populações locais, buscando o desenvolvimento das comunidades e povos tradicionais e dos moradores do entorno da RESEX de Cururupu.

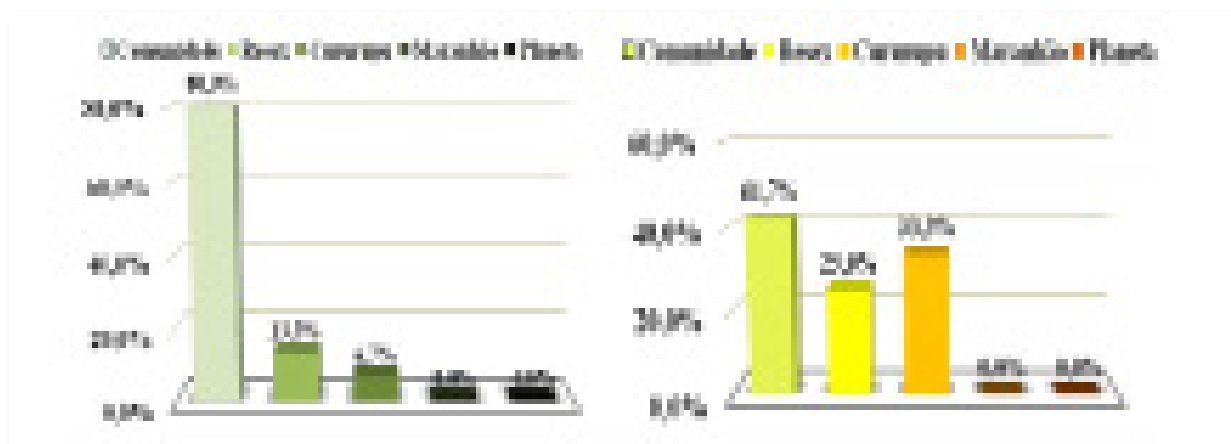


Figura 4 - Comparação sobre Madeira para carvão: conselheiros (esquerda) e especialistas. (Relação entre obenefício gerado e as categorias de estudo: Comunidade, Resex, Cururupu, Maranhão e Planeta).

### Material de construção

Notamos que para este benefício proporcionado pelo manguezal da RESEX de Cururupu, assim como para o bem ambiental madeira para carvão, a maioria dos entrevistados relacionam o benefício à comunidade (Figura 5), no caso dos conselheiros, e os especialistas à Resex. É comum a utilização de mangue nas construções de casas, cercas, e como relatam, é uma madeira resistente para este fim. Neste ponto cabe ressaltar que havendo novas propostas e possibilidades para substituir a utilização da madeira de mangue por outra alternativa efetiva, respeitando as características das comunidades da reserva, busca-se assim o incentivo. Como exemplo, é possível encontrar na ilha de São Lucas uma cerca de uma casa, feita apenas com garrafa PET.

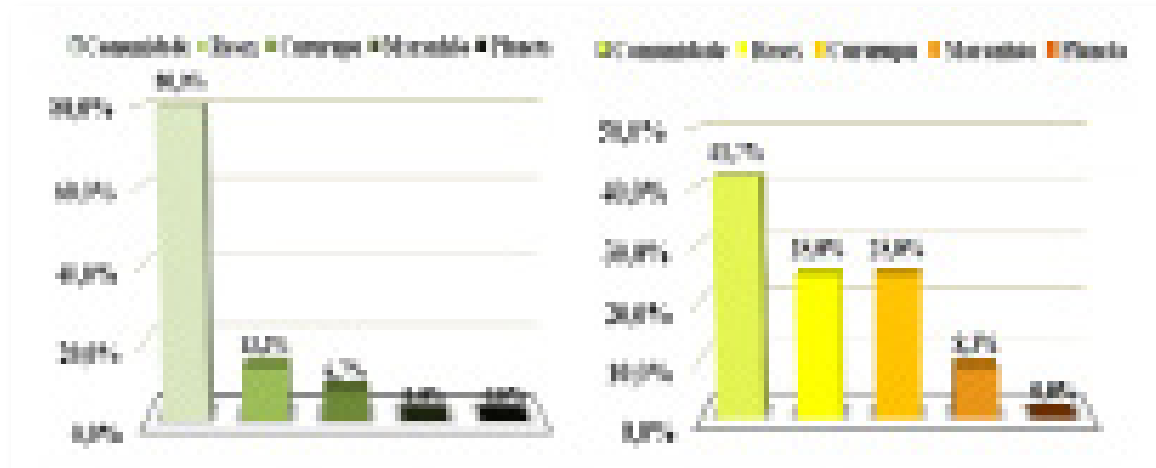


Figura 5 - Comparação sobre Material de construção: conselheiros (esquerda) e especialistas. (Relação entre obenefício gerado e as categorias de estudo: Comunidade, Resex, Cururupu, Maranhão e Planeta)

## Medicina tradicional

Este bem ambiental sobre o ponto de vista dos conselheiros, 80% relacionam o benefício à comunidade. Os especialistas apontam que o município de Cururupu é beneficiado com o bem ambiental da Medicina tradicional proveniente do manguezal. Apontam também, que existe um potencial para aprimoramento do conhecimento tradicional e valorização desta comunidade, através de pesquisas científicas que comprovem a eficiência do medicamento. Após esta etapa as comunidades, através de programas do governo, poderiam se beneficiar da comercialização dos remédios produzidos a partir do conhecimento da Comunidade Tradicional (Figura 6).

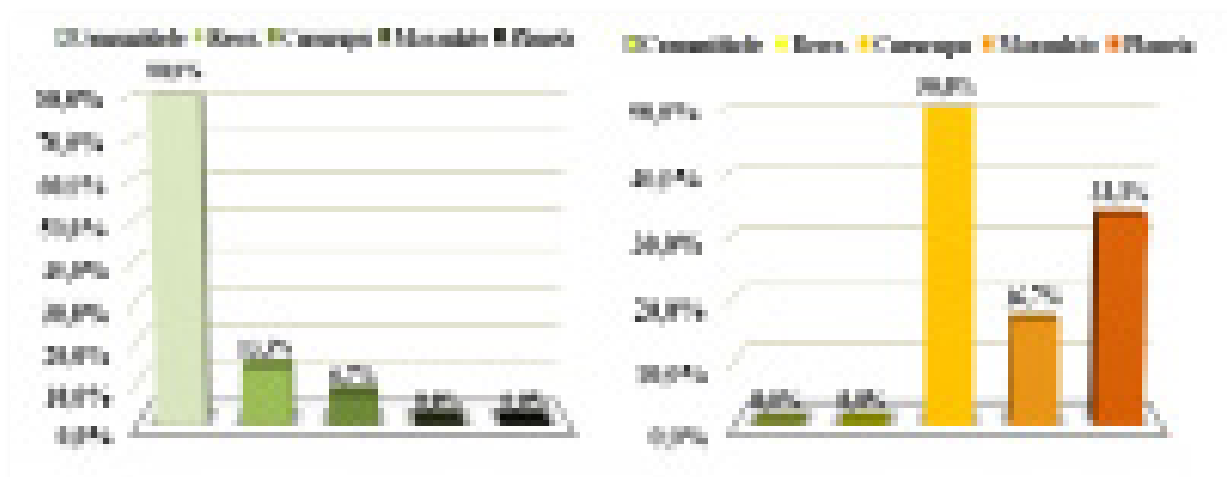


Figura 6 - Comparação sobre Medicina tradicional: conselheiros (esquerda) e especialistas. (Relação entre obenefício gerado e as categorias de estudo: Comunidade, Resex, Cururupu, Maranhão e Planeta).

## Biodiversidade

O manguezal destaca-se como um dos ecossistemas costeiros mais ameaçados. Os tópicos a seguir ressaltam a importância do ecossistema de manguezal: (i) como provedor e mantenedor da biodiversidade; (ii) como mantenedor das bacias flúvio-marinhas; (iii) como sustentador de inúmeras e importantes atividades econômicas humanas; (iv) como sumidouro de carbono da atmosfera, contribuindo para amenizar o efeito estufa no planeta, contribuindo para o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) (FONSECA & ROCHA 2004)

A fauna associada ao manguezal poder ter importância econômica como as 67 espécies de peixes associadas a diversas áreas estuarinas do litoral brasileiro e o caranguejo- uçá (*Ucides cordatus*), que vem sofrendo forte pressão, principalmente no litoral do nordeste. Algumas espécies encontradas associadas aos manguezais são raras ou ameaçadas de extinção como o guará (*Eudocimus ruber*), o jacaré (*Cayman sp.*), além de algumas espécies de primatas incluindo o Bugio (*Alouatta belzebul ululante*). (SHAEFFER-NOVELLI, 1999).

Segundo ICMBIO (2009), aves migratórias são as que deslocam-se principalmente do ártico Canadense, como maçaricos neárticos e batuíras, e têm, na Área de Proteção Ambiental das Reentrâncias Maranhenses, uma área de parada, para alimentação, antes de seguirem para o sul do Brasil. As residentes são as que ocupam o habitat local.

Observamos na Figura 7, que os entrevistados apontam que este benefício, a biodiversidade, está direcionado ao Planeta. Esses dados demonstram a importância de preservação deste ecossistema para sobrevivência de todas as espécies que se relacionam com o manguezal.

Mais de 50% dos entrevistados, de ambos os grupos, concordam que a biodiversidade beneficia o Planeta, e conseqüentemente as categorias antecessoras.

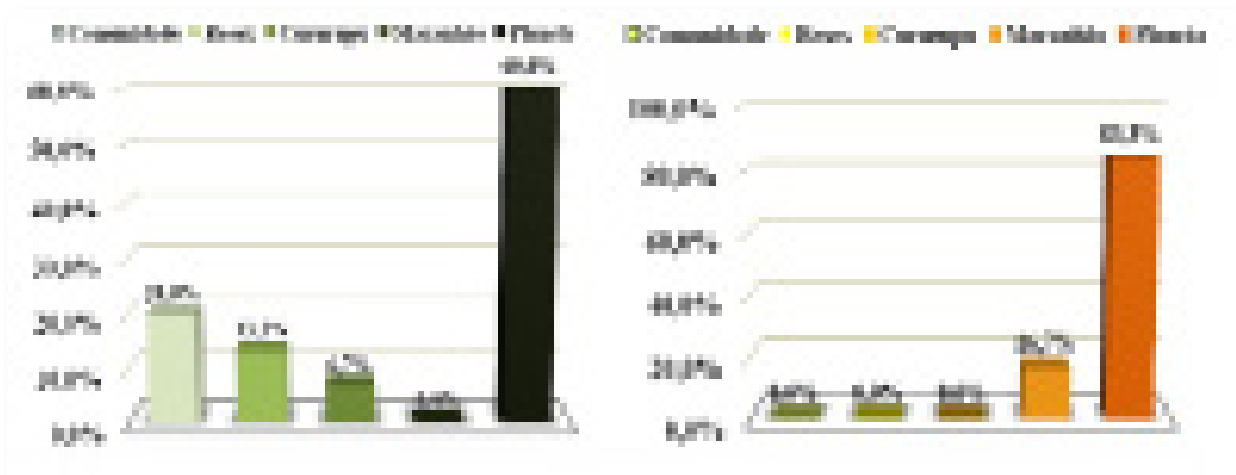


Figura 7 - Comparação sobre Biodiversidade: conselheiros (esquerda) e especialistas. (Relação entre o benefício gerado e as categorias de estudo: Comunidade, Resex, Cururupu, Maranhão e Planeta)

## Serviços de Regulação

### Proteção de praias e da linha da costa

Os mangues também são áreas de proteção da linha de costa, atenuando o impacto da erosão. Essa capacidade de proteção foi bastante destacada nos meios de comunicação internacionais após o tsunami que, no final de 2004, causou grande destruição e cerca de 150 mil mortes em países banhados pelo oceano Índico. Em muitos desses países, grandes áreas de manguezais tinham sido eliminadas devido ao crescimento de cidades e para a implantação de praias e projetos de aqüicultura. Estudos científicos indicaram que, se os manguezais ainda existissem na costa, teriam absorvido parte do impacto das ondas gigantes e provavelmente diminuído a dimensão da tragédia. (MENESES & MEHLIG, 2009)

Além disso, como os benefícios dos serviços ambientais têm sido largamente ignorados, como por exemplo, a proteção da linha da costa, e pela falta de medidas de proteção da mesma, retomamos as questões da importância de escolhas políticas adequadas visando a conservação e de tornar estes serviços ambientais comercializáveis, buscando ampliação dos mesmos (BARBIER, 2007).

Os especialistas entrevistados entendem que o serviço de proteção da linha da costa, embora não tenhamos eventos com ciclones e furacões nesta área do Brasil, esteja direcionado (66,7%) para o Maranhão. Isto implica dizer que o cinturão de manguezais amazônicos protegem a linha da costa ocidental maranhense, contra inundações e uma possível elevação do mar (Figura 8).

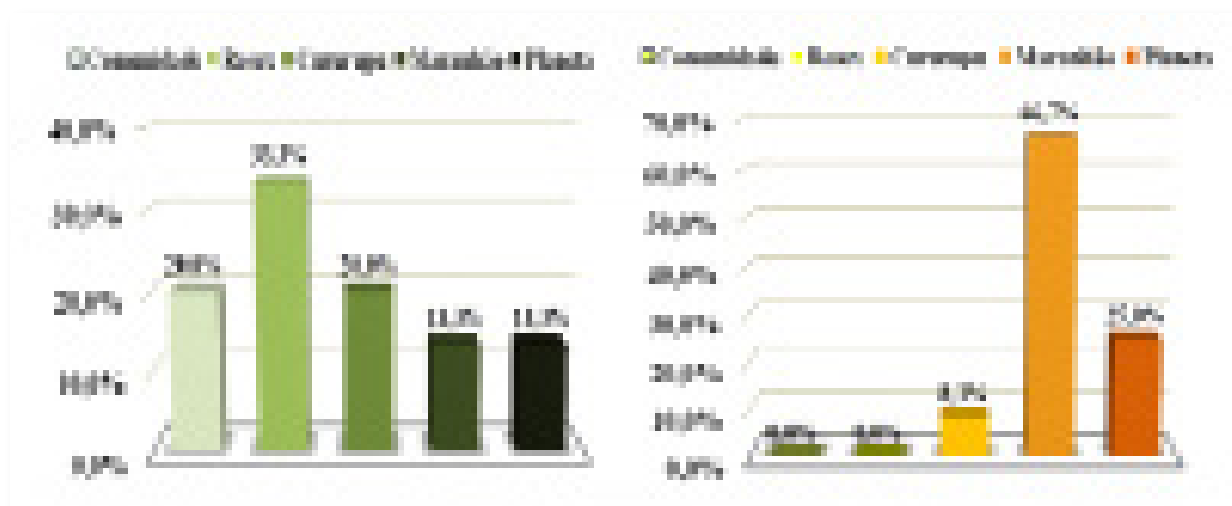


Figura 8 - Comparação sobre Proteção da linha da costa: conselheiros (esquerda) e especialistas. (Relação entre o benefício gerado e as categorias de estudo: Comunidade, Resex, Cururupu, Maranhão e Planeta)

### Manutenção da qualidade da água

Segundo UNEP-WCMC (2006) os manguezais são capazes de adsorver poluentes e outras substâncias tóxicas, tornando-se filtros naturais impedindo que muitos poluentes alcancem águas mais profundas. LACERDA, RIBEIRO Jr & GUEIROS (1999) afirmam que os manguezais atuam como barreiras biogeoquímicas e citam o manganês como metal pesado que é adsorvido pelo ecossistema.

Neste sentido, os conselheiros, como utilizam o ecossistema diretamente, a maioria (33,3%) afirma que o benefício proveniente da Manutenção da qualidade da água esteja relacionado à comunidade, enquanto que pelo viés dos especialistas, com uma visão técnica sobre o assunto, este benefício poderia ser extrapolado para o Planeta (Figura 9).

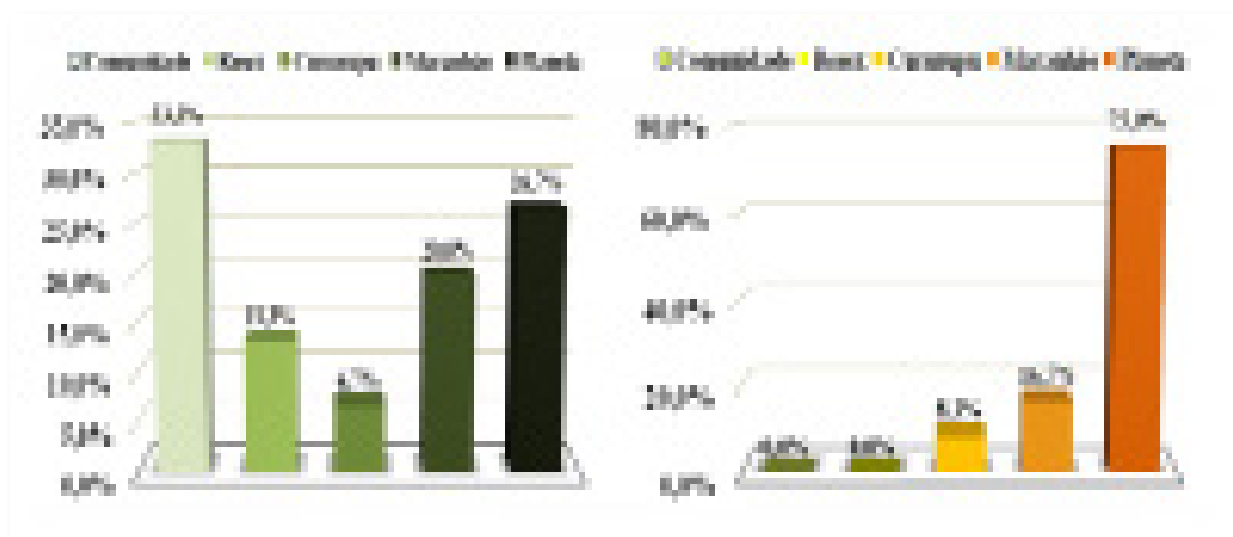


Figura 9 - Comparação sobre Manutenção da qualidade da água: conselheiros (esquerda) e especialistas. (Relação entre o benefício gerado e as categorias de estudo: Comunidade, Resex, Cururupu, Maranhão e Planeta)



## Serviço de Regulação Climática

Segundo MA (2005) serviços de regulação climática são aqueles em que o ecossistema influencia o clima tanto no local quanto no planeta. Exemplo de regulação climática: manutenção da temperatura e precipitação, sequestrando ou emissão de gases do efeito estufa.

Para os representantes do Conselho Deliberativo entrevistados neste trabalho, 60% concordam que os manguezais amazônicos da RESEX de Cururupu exerçam papel positivo na regulação climática planetária, 23,7% na regulação climática da sua comunidade e 13,3% na regulação climática da RESEX, sequestrando carbono e mantendo a qualidade do ar, contribuindo para qualidade de vida dos seres vivos (Figura 10).

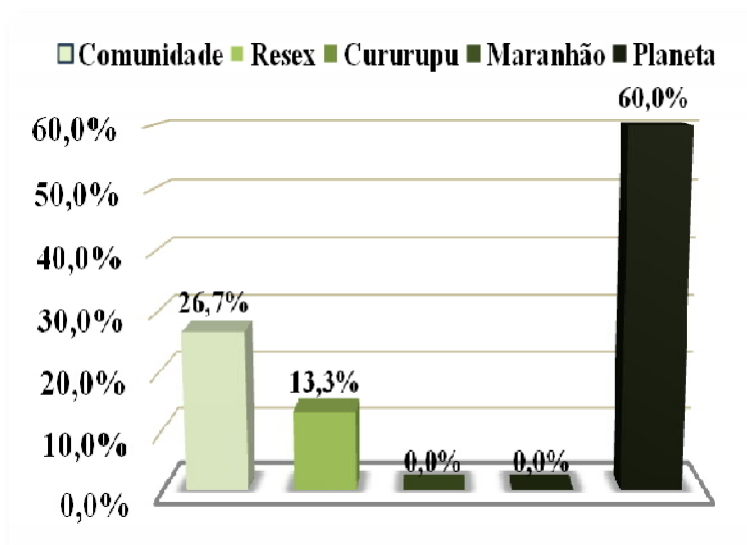


Figura 10 - Percepção dos conselheiros para o benefício da Regulação Climática (Relação entre o benefício gerado e as categorias de estudo: Comunidade, Resex, Cururupu, Maranhão e Planeta).

Para os especialistas entrevistados, 83,3% acreditam que o manguezal da RESEX de Cururupu promove benefícios para o clima do planeta.

É importante ressaltar que o ecossistema manguezal é um ambiente com alta taxa de decomposição de matéria orgânica, elevada produção de metano, um dos principais gases do efeito estufa, e para produzirmos dados relevantes nesta conta entre produtores e sumidouros de C, devemos buscar aprofundamentos e trabalhar no balanço de massa das emissões de gases do efeito estufa para o ecossistema manguezal.

## Serviços Culturais

### Turismo e recreação

O potencial deste serviço ambiental é grande. A região apresenta beleza única, biodiversidade, praias belas. Ainda de acordo com ICMBIO (2009), o desenvolvimento do turismo na região conta com ações realizadas pelos seguintes atores: ONG Instituto do Homem, UFMA, SEBRAE e SENAC (cursos de capacitação), UEMA (seminários temáticos), Agenda 21 local (planejamento e mobilização popular), MMA, IBAMA e Ministério das Cidades (assistência e consultoria técnica) e Banco do Nordeste (cursos de capacitação e financiamento).

REBELO-MOCHEL (2000) faz referência à inserção de Cururupu entre os nove pólos de ecoturismo, criados pelo MMA, na Amazônia Brasileira, contudo menciona que apesar das potencialidades do município, as fragilidades centram-se, principalmente, na presença de espécies ameaçadas de extinção, sítios de reprodução, infraestrutura precária, ausência de saneamento básico e relações socioeconômicas vulneráveis.

Para este serviço ambiental, os conselheiros foram questionados da seguinte forma: "O manguezal promove ambiente para banhos e brincadeiras com família e amigos?". Neste caso observamos que mais de 50% entendem que este benefício deveria estar ligado a categoria comunidade (Figura 11).

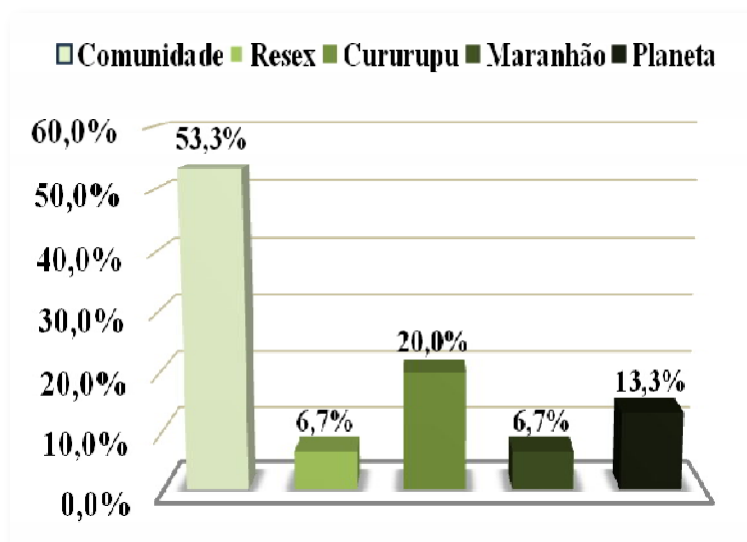


Figura 11 - Comparação sobre Turismo e recreação: conselheiros. (Relação entre o benefício gerado e as categorias de estudo: Comunidade, Resex, Cururupu, Maranhão e Planeta)

Os especialistas, quando questionados sobre o serviço ambiental do Turismo e recreação, entendem que é um benefício que abrange o Planeta, devido o grande potencial da região para tal fim (Figura 12).

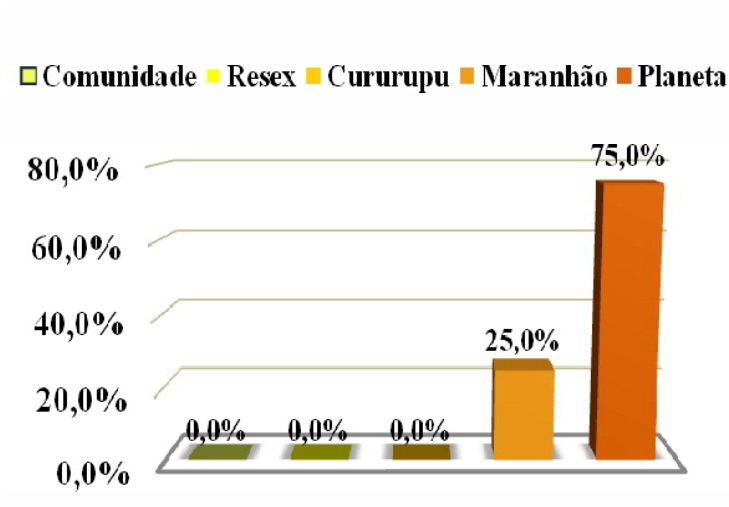


Figura 12 - Comparação sobre Turismo e recreação: especialistas. (Relação entre o benefício gerado e as categorias de estudo: Comunidade, Resex, Cururupu, Maranhão e Planeta).

## **Lugares sagrados**

Apenas 26,7% dos conselheiros responderam a questão relacionada à existência de lugares sagrados, encantados ou relações espirituais com o ecossistema manguezal da RESEX de Cururupu. A maioria percebe uma relação deste serviço ambiental direcionado para o planeta. Alguns comentaram que muitos turistas buscam a região para práticas religiosas.

Já os especialistas, mais de 50%, percebem que as questões da religião vinculadas ao ecossistema manguezal da RESEX de Cururupu estão direcionadas ao Estado do Maranhão, devido às tradições e costumes locais, relacionados ao tambor de mina e lendas de encantarias.

## **Serviços de Regulação**

### **Ciclagem de nutrientes**

Os manguezais constituem-se num dos mais produtivos ecossistemas do planeta, sendo responsáveis pela manutenção de uma teia biológica, que é iniciada na degradação das folhas por microrganismos decompositores, passando por diversos nós, culminando nos peixes e mamíferos até o homem (FONSECA & ROCHA 2004).

No livro *“Introducción a la ecología del manglar”*, CINTRÓN & SCHAEFFER-NOVELLI (1983), descrevem que um dos principais valores do ecossistema manguezal é seu alto nível de produtividade e o papel que este emprega na costa. O manguezal é um sistema aberto que utiliza os nutrientes trazidos pelas águas continentais e marinhas e transforma-os mediante atividade fotossintética em matéria orgânica.

Esta disponibilidade de alimentos faz com que os ambientes litorâneos sejam aproveitados por uma grande quantidade de organismos. Alguns residem permanentemente durante todo seu ciclo de vida, outros apenas na fase jovem e utilizam essas áreas como criadouros.

COSTA (2004) apresenta o ecossistema manguezal como um dos mais importantes e mais produtivos do planeta, considerando-os como “ecossistema-chave”, fornecendo diversos benefícios às populações humanas: áreas de reprodução e alimentação de diversas espécies, garantia da produtividade pesqueira, alimento com alto valor protéico (peixes, crustáceos e mariscos), estabilização de zonas costeiras, filtro biológico, retenção de sedimentos, obstáculos às inundações e composição de belezas cênicas. Neste ambiente existem diversos animais residentes, visitantes, migratórios e ameaçados de extinção (aves, mamíferos, peixes, crustáceos, moluscos, poliquetos, etc.) e uma vegetação arbórea desenvolvida e altamente especializada (mangue branco, vermelho, preto e de botão) compondo um cenário diferente e exuberante, juntamente com rios, canais de maré e sedimentos característicos.

Dessa forma fica claro que os manguezais executam um dos serviços suporte, segundo o documento da Avaliação Ecosistêmica do Milênio (2005), que é de extrema importância para que os outros serviços ambientais possam existir. O serviço ambiental de Suporte em questão é de “Produção Primária”, propiciando a existência de uma trama trófica complexa, atraindo espécies diversas, elevando os índices de biodiversidade, proporcionando assim (CINTRÓN & SCHAEFFER-NOVELLI, 1983; COSTA, 2004;) uma elevada produtividade pesqueira.

Como apresentado na Figura 13, os especialistas (75,0%) entendem que este serviço ambiental pode extrapolar os limites marinhos brasileiros e beneficiar outros países, devido às correntes marinhas atuarem favoravelmente neste sentido.

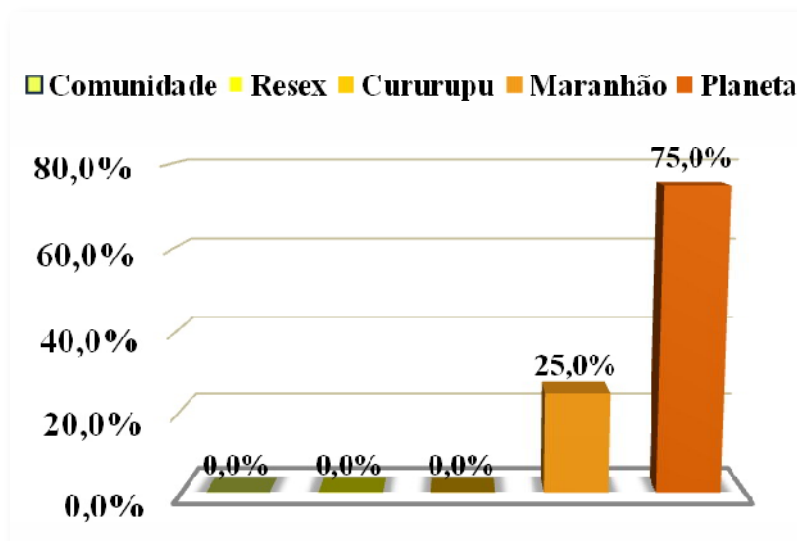


Figura 13 - Ciclagem de nutrientes: especialistas. (Relação entre o benefício gerado e as categorias de estudo: Comunidade, Resex, Cururupu, Maranhão e Planeta)

### **Berçários marinhos e terrestres**

Foi observado entre a Ilha de Lençóis (uma das ilhas que compõe a RESEX de Cururupu) e Baía de Cumã um total de 56.000 indivíduos de maçaricos. Diversos locais foram identificados como sítios importantes para diversas espécies de aves migratórias (ICMBIO, 2008)

Entende-se pela Figura 14, que este é um benefício direcionado, pela maioria dos entrevistados, para o Planeta e conseqüentemente para as outras categorias do estudo. A RESEX de Cururupu apresenta importância para aves migratórias, para fases iniciais da vida de algumas espécies de peixes, para toda a fauna presente neste ecossistema. Este serviço ambiental é de grande relevância também para a biodiversidade local, devido a grande flutuação de número de espécies de animais que freqüentam a área de estudo.

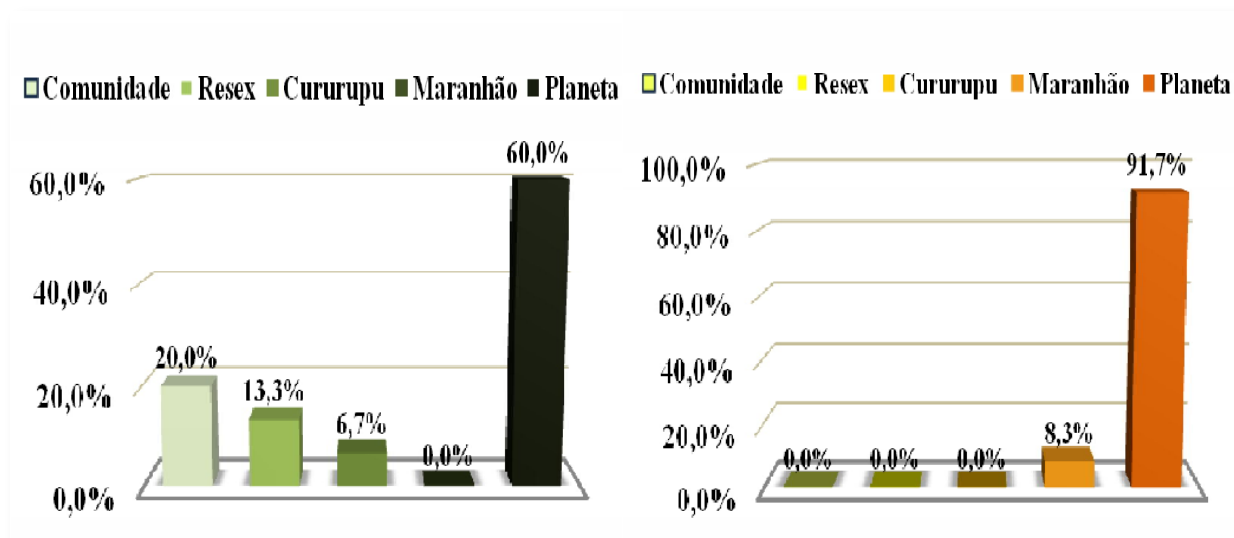


Figura 14 - Comparação sobre Berçários marinhos e terrestres: conselheiros (esquerda) e especialistas. (Relação entre o benefício gerado e as categorias de estudo: Comunidade, Resex, Cururupu, Maranhão e Planeta).

### Proteção de espécies ameaçadas

No caso deste serviço ambiental proteção de espécies ameaçadas, a maioria dos entrevistados entendem que esse benefício que o manguezal da RESEX de Cururupu propicia, está direcionado ao Planeta.

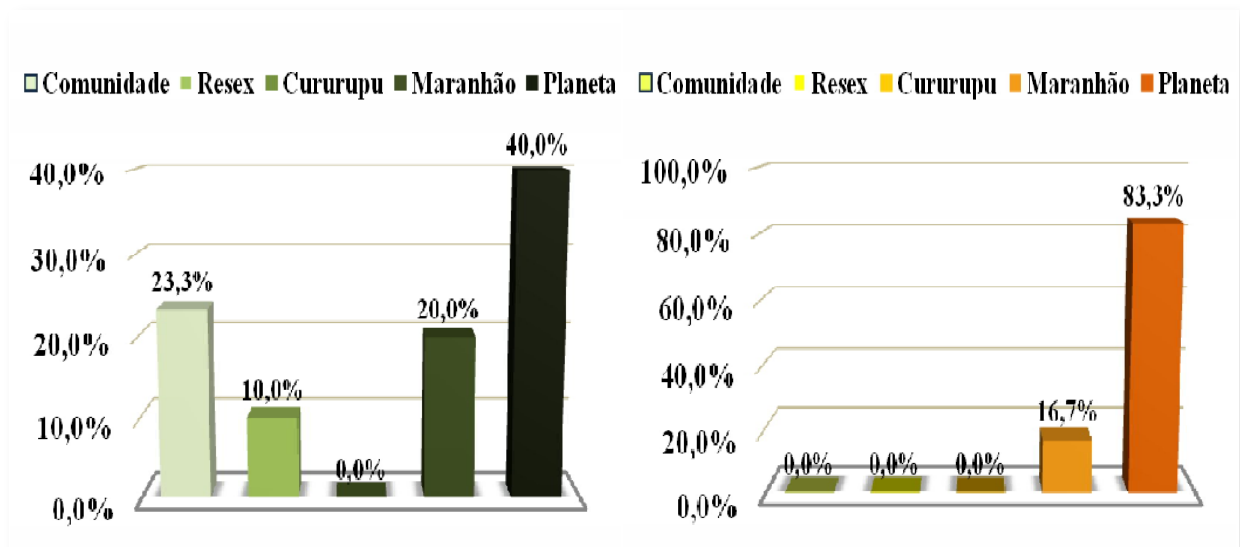


Figura 15 - Comparação sobre Proteção de espécies ameaçadas: conselheiros (esquerda) e especialistas. (Relação entre o benefício gerado e as categorias de estudo: Comunidade, Resex, Cururupu, Maranhão e Planeta).

Todos os representantes do Conselho Deliberativo entrevistados percebem a área de manguezal da RESEX de Cururupu importante, afirmam que o ecossistema oferece benefícios tais como: Limpeza do ar, beleza, proteção, favorece a saúde, sobrevivência, alimento, sustento da família, protege a ilha de enchentes, protege contra ventos e segura a areia da praia.

Os representantes do Conselho Deliberativo também concordam que o manguezal ofereça benefícios às famílias, à comunidade, à Cururupu, ao Maranhão e ao Planeta. Entendem a importância deste ecossistema para manutenção do equilíbrio ambiental tanto em uma esfera menor quanto para o globo.

A RESEX de Cururupu apresenta uma diversidade de bens e serviços ambientais como vimos acima. O PSA que é uma realidade no mundo, ainda apresenta variações e discussões sobre os contratos particulares e doações que foram realizados. Assim, apresentamos de que forma o recurso poderia ser recebido, quem poderia ser o receptor e os potenciais pagadores, levando em consideração alguns exemplos no Brasil e no Mundo.

Após as discussões e análises do material resultante das entrevistas com os representantes do Conselho Deliberativo e com os especialistas, pôde-se chegar a uma organização para os bens e serviços ambientais da RESEX de Cururupu que será apresentada a seguir (Figura 16).



Figura 16 - Benefícios dos Serviços Ambientais da RESEX de Cururupu por Categorias (categorias: Comunidade, Resex, Cururupu, Maranhão e Planeta)

Foi possível realizar um agrupamento dos dados obtidos e organizá-los direcionando para os quatro tipos de serviços ambientais definidos pelo MA (2011) (Tabela 1). Neste agrupamento foi possível ter uma visão geral das médias do registro lógico de percepção dos conselheiros e dos especialistas. Pode-se observar o direcionamento dos dois grupos entrevistados (conselheiros e especialistas) e com as médias finais por categoria (Comunidade, RESEX, Cururupu, Maranhão e Planeta) foi possível obter um aprofundamento para as discussões deste trabalho. Nota-se em ambos agrupamentos que tanto para os conselheiros como para os especialistas, as maiores médias finais apresentaram-se na categoria Planeta. Esta informação denota que em ambos os casos, os benefícios provenientes do ecossistema manguezal da RESEX de Cururupu foram direcionados à categoria Planeta.

Esta informação deve ser entendida como de fato está representada, os benefícios que o ecossistema promove foram direcionados ao Planeta, porém, como discutido no momento das entrevistas, as categorias Maranhão, Cururupu, RESEX e principalmente a Comunidade são, também, diretamente beneficiadas com os bens e serviços ambientais provenientes do ecossistema manguezal da RESEX de Cururupu.

Os conselheiros talvez por estarem diretamente em contato com o recurso natural, direcionaram os benefícios dos serviços de provisão e de regulação quase que na maior parte, às categorias Comunidade e RESEX. Em contrapartida, os especialistas quase que em sua maioria, direcionaram os benefícios do ecossistema às categorias Maranhão e Planeta, possivelmente por deterem uma visão mais ampla das potencialidades do ecossistema em questão. Entretanto, analisando as médias finais da categoria Planeta, em ambos os grupos estudados, notamos a representativa influência das médias dos serviços Culturais e de Suporte.

Tabela 1 - Comparação entre as médias do registro lógico de percepção (conselheiros vs especialistas) dos Serviços Ambientais da RESEX de Cururupu.

	CONSELHEIROS					ESPECIALISTAS				
	Comunidade	RESEX	Cururupu	Maranhão	Planeta	Comunidade	RESEX	Cururupu	Maranhão	Planeta
<b>Serviços de provisão</b>	50,0%	10,0%	12,0%	8,0%	20,0%	17,0%	11,0%	23,0%	22,0%	27,0%
<b>Serviços de Regulação</b>	33,0%	20,0%	10,0%	10,0%	27,0%	0,0%	3,0%	8,0%	48,0%	41,0%
<b>Serviços Culturais</b>	20,0%	13,3%	0,0%	6,7%	60,0%	0,0%	0,0%	0,0%	42,0%	58,0%
<b>Serviços de Suporte</b>	23,0%	7,0%	22,0%	22,0%	41,0%	0,0%	0,0%	0,0%	17,0%	83,0%
<b>Médias Finais</b>	<b>31,5%</b>	<b>12,6%</b>	<b>7,3%</b>	<b>11,7%</b>	<b>37,0%</b>	<b>4,3%</b>	<b>3,5%</b>	<b>7,8%</b>	<b>32,3%</b>	<b>52,3%</b>

### PSA na RESEX de Cururupu

Os representantes do Conselho Deliberativo entendem que a comunidade deve proteger o manguezal, porém percebem a importância do ICMBIO e da prefeitura de Cururupu como parceiros importantes para esta atividade. Foi apresentado pelos conselheiros que existe dificuldade da comunidade em lidar com algumas questões de conduta ambiental, dando início a conflitos internos. Nota-se a necessidade de acompanhamento das comunidades, com enfoque na educação ambiental e discussões a respeito da unidade de conservação.

No caso dos especialistas, quando questionados sobre quem deveria proteger os manguezais amazônicos da RESEX de Cururupu, apontaram as comunidades, as três esferas do governo, ONGs, OSCIPS, ambientalistas, universidades e empresários. O setor privado, caso o turismo venha ser desenvolvido na região, deveria ser atuante e participativo nas questões ambientais e sociais locais.

Quando questionados sobre quem deveria receber o recurso financeiro proveniente do PSA, os especialistas citaram a comunidade, o ICMBIO, a prefeitura, a Igreja e a Universidade. É importante a discussão da gestão do recurso financeiro pelos povos tradicionais, pois buscando a sustentabilidade econômica das famílias da RESEX de Cururupu, poderiam ser realizados treinamentos e um acompanhamento para orientação financeira.

Os conselheiros quando solicitados a responder quem deveria fazer a gestão do recurso financeiro proveniente do PSA, 33,3% apontaram a AMREMC como primeira opção. Caso aconteça uma forma de pagamento por serviços ambientais com quantias que precisem ser gerenciadas, a associação (AMREMC) deve ser considerada como potencial gestora, ressaltando que diversos especialistas entrevistados defenderam o acompanhamento e treinamento desta associação que já existe, como um possível caminho de sucesso.

Os especialistas entrevistados, quando solicitados a apresentarem possíveis aspectos positivos e negativos da implantação de um PSA na RESEX de Cururupu, comentaram que um dos aspectos negativos na implantação de um sistema de PSA na RESEX de Cururupu, seriam os possíveis desvios do recurso por ações ilícitas praticadas com frequência no Brasil.

Em contrapartida questões positivas foram levantadas para a implantação de um PSA na RESEX de Cururupu. A valorização do trabalho das pessoas da Comunidade Tradicional que realizam atividades de conservação do ecossistema. Outro ponto é a utilização adequada do recurso pelas famílias, podendo gerar melhorias na vida das mesmas. Além disso, pode-se esperar um aporte maior de recurso para manutenção das ações de conservação, monitoramento e desenvolvimento das comunidades.

Dentre os conselheiros entrevistados, 73% gostariam de receber um recurso financeiro ou não para ajudar na conservação do recurso natural. Os 27% restantes entendem que já realizam a atividade de proteger o ecossistema manguezal sem ter a necessidade de receber algum recurso.

Os atores citados pelos especialistas para promover a gestão dos recursos do PSA foram: o ICMBIO, a prefeitura de Cururupu, o Governo, o Conselho Deliberativo da RESEX, a AMREMC, a Igreja e um sistema de Cooperativas ligado a comunidade. Percebeu-se nas respostas que a Comunidade Tradicional esteve sempre ligada a um órgão ou entidade para realizar a gestão do recurso. Podemos assim entender que a AMREMC e o Conselho Deliberativo, grupos já existentes e com atuações relevantes, podem ser elencados como possíveis gestores de um recurso proveniente do PSA. Os representantes do Conselho Deliberativo entendem que o ICMBIO deve participar na gestão do recurso proveniente do PSA. Dessa forma, espera-se que estes grupos, a AMREMC e o Conselho Deliberativo, com apoio, treinamento e acompanhamento, possam atuar na gestão dos recursos e crescerem como aprendizado que vier.

Segundo os especialistas entrevistados, 100% acreditam, com ressalvas, que o recurso financeiro pode ajudar na conservação de um ecossistema, pois poderá promover condições para que as pessoas continuem trabalhando a proteção do meio ambiente, poderá atrair convênios e parcerias técnicas para atuar na melhoria das atividades, promovendo a redução de perdas e beneficiamento dos recursos pesqueiros, melhoria nas embarcações, cursos em educação ambiental. Porém as possibilidades de melhoria só serão reais se o recurso chegar até a comunidade.

### **Potenciais Pagadores e Receptores no contexto da RESEX de Cururupu**

Um sistema de PSA pode ser voluntário ou imposto por leis. Doações podem ser realizadas por entidades nacionais, agências bilaterais e multilaterais de cooperação internacional (ex. Banco Mundial) e por pessoas físicas e jurídicas.

Após as discussões, visitas a campo e dados analisados das entrevistas, percebeu-se a importância ambiental, pelas características do ecossistema em questão, a importância econômica, pela produtividade pesqueira e outras atividades potenciais da região como o turismo, e a questão social, devido à presença das comunidades que interagem diretamente com a Reserva Extrativista e dependem da mesma para sobreviverem.

Neste sentido entende-se que as comunidades da RESEX de Cururupu deveriam ser vistas como os principais receptores em potencial.

Segundo o SNUC, os órgãos responsáveis pela administração das unidades de conservação podem receber recursos. Neste caso, o ICMBIO, órgão federal tão responsável pela RESEX de Cururupu quanto a comunidade, pode ser incluído como receptor em potencial de recursos provenientes de um PSA. Assim, os potenciais receptores que atuam na recuperação, manutenção e melhoria dos ecossistemas na RESEX de Cururupu seriam representados pela Comunidade Tradicional e pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBIO).

Considerando os resultados das entrevistas realizadas para RESEX de Cururupu, e após análise, entende-se que o recurso poderia ser destinado à comunidade e ao ICMBIO. Além disso, para efetuar a gestão do recurso financeiro ou não, proveniente do PSA, a AMREMC e o Conselho Deliberativo poderiam promover a gestão do recurso, porém com técnicos e treinamentos para que posteriormente adquiram autonomia nas tomadas de decisão e resolução de problemas.



## Possíveis vias de recebimento do Recurso - PSA

O recurso proveniente do PSA poderá ser direcionado pelo Governo Federal, a partir da aprovação do Projeto de Lei substitutivo ao PL N° 792/07, instituindo o ProPSA e suas regulamentações. Outra forma de acontecer o PSA poderá ser com criações de Leis Estaduais e Municipais, como em alguns Estados brasileiros.

Segundo o PL substitutivo ao PL N° 792/07, o pagamento das atividades humanas que geram serviços ambientais acontecerá por meio do Subprograma Floresta, Subprograma RPPN e Subprograma Água. Para o contexto em questão a RESEX de Cururupu se enquadra no Subprograma Floresta, que será descrito a seguir.

O Subprograma Floresta, conforme Art. 7° do referido PL, define as diretrizes para o recebimento do recurso: (i) Reflorestamento de áreas degradadas; (ii) Conservação da biodiversidade em áreas prioritárias; (iii) preservação da beleza cênica relacionada ao desenvolvimento da cultura e do turismo; (iv) formação e melhoria de corredores ecológicos entre áreas prioritárias para conservação da biodiversidade; (v) vedação à conservação das áreas florestais incluídas no Subprograma Floresta para uso agrícola ou pecuário.

Percebe-se no PL substitutivo ao PL N° 792/07, que não há um direcionamento dentre os subprogramas apresentados, para ecossistemas das Zonas Costeiras e Marinhas, sendo subjetivo o entendimento que o ecossistema manguezal estaria inserido no Subprograma Floresta.

Entretanto, podemos considerar ainda que subjetivamente as diretrizes do Subprograma Floresta e direcioná-las ao ecossistema manguezal da RESEX de Cururupu. Neste sentido o ecossistema manguezal atenderia à conservação da biodiversidade e preservação da beleza cênica relacionada ao desenvolvimento da cultura e do turismo, e poderia se enquadrar em programas criados pelo Governo Federal e se inserir no grupo de recebedores de recursos do PSA.

Como parte da análise dos resultados obtidos, a AMREMC e o Conselho Deliberativo da RESEX de Cururupu poderiam realizar a gestão do recurso proveniente do PSA.

O Governo Federal via ProPSA, Entidades Bilaterais e Multilaterais, empresas, pessoas físicas e jurídicas podem se enquadrar como potenciais pagadores em um sistema de PSA na RESEX de Cururupu.

Espera-se que a AMREMC e o Conselho Deliberativo, assim como toda a comunidade da reserva, atendam as regras estabelecidas em contratos ou programas para um aprendizado contínuo e aprimoramento dos possíveis PSA na área de estudo. Notou-se nas entrevistas realizadas que seria interessante um alinhamento com a comunidade e com o grupo que fará a gestão dos recursos, no intuito de prestação de contas do recurso utilizado para geração de informações e melhorias constantes.

Dessa forma, a seguir, as possíveis vias de recebimento do recurso do PSA no contexto da RESEX de Cururupu (Figura 17).

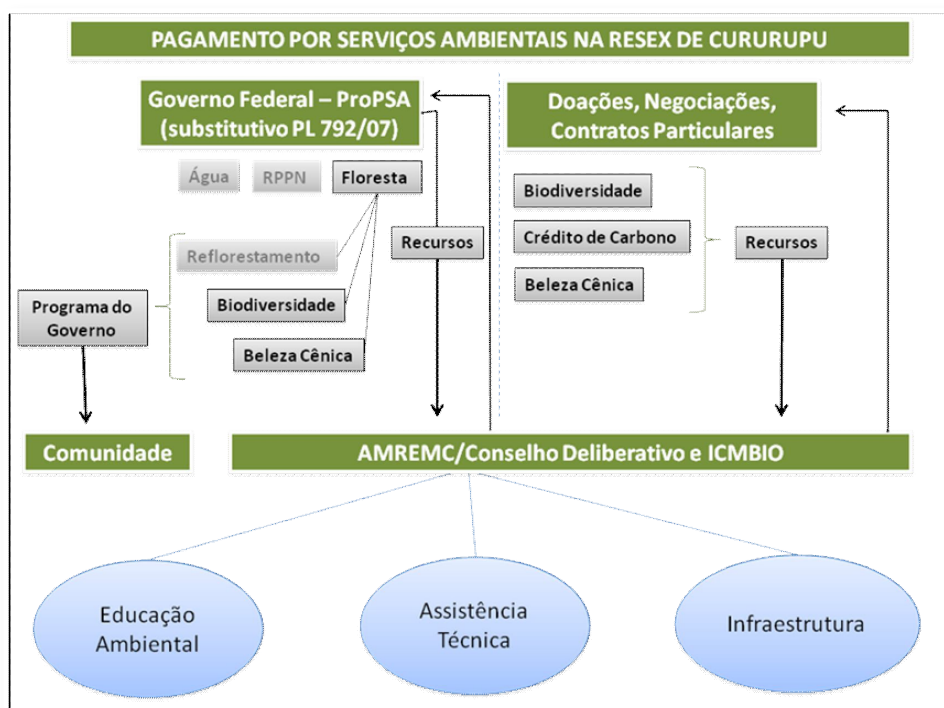


Figura 17 - Esquema teórico de PSA para RESEX de Cururupu

Nota-se a necessidade em atender as Comunidades Tradicionais da RESEX de Cururupu, pois como mantenedores dos bens e serviços ambientais, são os que determinarão o cenário futuro da área de estudo. Os desafios em assegurar um acompanhamento e desenvolvimento dos povos em questão, estão vinculados aos gestores públicos e privados e população em geral. Assim, o reconhecimento dos bens e serviços ambientais do ecossistema manguezal amazônicos da RESEX de Cururupu faz-se necessário, para que em contrapartida os mantenedores destes bens e serviços sejam defendidos.

## CONCLUSÃO

O Pagamento por Serviços Ambientais (PSA), instrumento econômico, encontra-se em processo inicial de estruturação no Brasil. O projeto de Lei Substitutivo ao PL 792/07, pretende instituir o Programa Federal de Pagamento por Serviços Ambientais (ProPSA) no Brasil. Neste programa, subprogramas serão criados para atender, inicialmente, algumas modalidades de bens e serviços ambientais e beneficiar os mantenedores que se enquadrarem às exigências dos programas. O PSA é uma realidade entre entidades privadas, acontecendo na forma de doações e contratos específicos.

A RESEX de Cururupu apresenta através do ecossistema manguezal uma diversidade de bens e serviços ambientais em potencial, que podem ser vinculados ao PSA, demandando mais estudos e aprofundamentos para questões específicas como seqüestro de carbono, sobre os contratos particulares e sobre a forma de manejo que a população local realiza na RESEX. Ainda assim, como parte da conclusão deste trabalho, os serviços ambientais de Provisão da Biodiversidade e Serviços Culturais são serviços potenciais para o início de um PSA para a RESEX de Cururupu.

Os mantenedores dos bens e serviços ambientais, Comunidade Tradicional das ilhas que compõe a reserva, são peças chave para este novo instrumento econômico de conservação dos recursos naturais. Dessa forma, torna-se necessário um acompanhamento estratégico dos povos tradicionais da RESEX de Cururupu, para se garantir permanência das famílias na área de estudo, desenvolvendo suas habilidades em gerenciamento de prováveis recursos do PSA, e também, a busca pela melhoria ambiental e social da reserva. Podemos assim concluir que a comunidade poderá ser um beneficiário em potencial para os recursos provenientes do PSA juntamente com o ICMBIO. Como potenciais pagadores, observamos uma iniciativa do Governo Federal através do Projeto de Lei substitutivo ao PL 792/07, a realidade das doações de órgão internacionais e a abertura de discussão de doações de pessoas físicas para a RESEX de Cururupu.

O recurso proveniente do PSA poderia chegar até a RESEX de Cururupu, através de benfeitorias, como portos e infraestrutura para comunidade, escolas de qualidade, posto médico, e também através de recursos onde a AMREMC e o Conselho Deliberativo, inicialmente com apoio do ICMBIO destinariam para a manutenção da oferta dos bens e serviços ambientais da RESEX de Cururupu. A manutenção dos bens e serviços da RESEX, apresentam importância global, quando observamos que 44,6% (TABELA 6) do registro lógico dos benefícios provenientes dos bens e serviços ambientais do ecossistema manguezal da RESEX foram direcionados ao Planeta. Isto denota a real importância da RESEX de Cururupu para todo o Planeta.

Como parte deste processo de desenvolvimento dos mantenedores dos bens e serviços ambientais, espera-se um acompanhamento por parte dos gestores públicos e privados, com articulações de entidades de ensino e pesquisa, e a participação efetiva da comunidade nos momentos de tomada de decisão para questões vinculadas ao meio ambiente e recursos financeiros e não financeiros. Ainda tem-se muito a aprender sobre este novo instrumento econômico onde espera-se a valorização das características da Comunidade Tradicional, e em particular, a proteção das famílias que vivem na reserva.

É necessário a capacitação e treinamento dos profissionais das comunidades, para que ganhem autonomia e força e não transformem o recurso proveniente do PSA sua única fonte de renda, transformando assim o recurso em assistencialismo.

Espera-se ainda, a inclusão dos ecossistemas das zonas costeiras e marinhas nas leis que tratem de PSA, e reconhecimento da sua importância ambiental como fornecedores de bens e serviços ambientais tanto para o local onde se encontram como para o planeta.

Dessa forma, entende-se que é possível o início de um sistema de PSA próximo à concepção de sustentabilidade na RESEX de Cururupu, desde que a gestão pública e privada em parceria com a Comunidade Tradicional desenvolvam programas de acompanhamento das famílias e profissionais da reserva, buscando autonomia dos povos, para que estes não sejam dependentes do governo ou de recursos financeiros de doações.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, J. P. S. **A Implantação do Pagamento por Serviços Ecossistêmicos no Território Portal da Amazônia**: uma análise econômico-ecológica. Campinas, 2007. 108f. Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento Econômico - Instituto de Economia, Universidade de Campinas.
- BARBIER, E.B. **Valuing ecosystem services as productive inputs**. *Economic Policy* Volume 22, Issue 49, pages 177–229, January 2007.
- CINTRÓN, G. & SCHAEFFER-NOVELLI, Y. **Introducción a la ecología del manglar. Oficina Regional de Ciencia y Tecnología de La Unesco para América Latina y el Caribe**. ROSTLAC: Montevideo, Uruguay, 1983. 109p.
- COSTA, Mauro Renan Pereira. **Análise da Sustentabilidade das áreas de manguezal frente à implementação do Pólo Ecoturístico da Floresta dos Guarás – Área de Proteção Ambiental das Reentrâncias Maranhenses, Cururupu, MA, Brasil**. São Luís, 2004. 110fls. Dissertação de Mestrado em Sustentabilidade de Ecossistemas- Departamento de Oceanografia e Liminologia, Universidade Federal do Maranhão.
- DAMASCENO, Elena Steinhorst. **Valoração Ambiental do Ecossistema Manguezal na Área da Reserva Extrativista de Tauá-Mirim, em Fase de Criação, 2009**. Programa de Pós-Graduação em Saúde e Ambiente.
- FONSECA, Sérgio Mattos; ROCHA, Marcelo Theoto. **O MDL e as florestas de manguezal: Gestão Socioambiental**. In: VII SEMEAD - Seminários em Administração FEA- USP, 2004, São Paulo.
- GUEIROS, B.B.S.; SILVEIRA, M. & VILA-NOVA, D.A. Unidades de Conservação e Conectividade. In: **Atlas dos Manguezais do Brasil**. MMA, (2011). In press (no prelo).
- ICMBIO. Caracterização de Aspectos Sócio Ambientais e Econômicos da Unidade e Proposta de Estudos Complementares Reserva Extrativista Marinha de Cururupu/MA. MMA-ICMBIO, 2009.
- KAPLOWITZ, M. D. **Identifying Ecosystem Services Using Multiple Methods**: lessons from the mangrove wetlands of Yucatan, Mexico. *Agriculture and Human Values*, vol 17, p. 169–179, 2000.
- LACERDA, L. D.; RIBEIRO Jr, M. G.; GUEIROS, B. B. **Manganese Dynamics in a Mangrove Mud Flat Tidal Creek in Se Brazil**. *Mangroves and Salt Marshers*. vol 3, p.105-115, Jan, 1999.
- MENEZES, Moirah Paula Machado de; BERGER, Uta; MEHLIG, Ulf. Mangrove vegetation in Amazonia: a review of studies from the coast of Pará and Maranhão States, north Brazil. **Acta Amazonica**. Vol. 38, nº 3, 403-420, 2008.
- REBELO-MOCHEL, F. Mangrove Ecosystems in São Luis Island, Maranhão, Brazil. In: KJERVE, B; LACERDA, L.D.; DIOP, H. (Eds.). **Mangrove ecosystems in Latin America and Caribbean**. Paris: UNESCO, 1997, 347p.
- SCHAEFFER-NOVELLI, Y. **Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da zona costeira e marinha – Grupo de Ecossistemas: Manguezal, Marisma e Apicum**. PRONABIO – PROBIO, 1999.
- SOUZA FILHO, P. W. M. Costa de Manguezais de Macromaré da Amazônia: cenários morfológicos, mapeamento e quantificação de áreas usando dados de sensores remotos. **Revista Brasileira de Geofísica**, 2005. 23 (4), p. 427-435.
- SPALDING, M.; BLASCO, F.; FIELD, C. **World Mangrove Atlas**. Okinawa: ISME, 1997, 178 pp.

The World Bank; IUCN; The Nature Conservancy. How Much is an Ecosystem Worth? :Assessing the Economic Value of Conservation. 2004.

UNEP-WCMC. **In the Front Line**: shoreline protection and other ecosystem services from mangroves and coral reefs. Cambridge, UK: UNEP-WCMC, 2006, 33 pp.

WUNDER, S.; BORNER, J.; TITO, M. R.; PEREIRA, L. **Pagamento por Serviços Ambientais**: perspectivas para Amazônia legal. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2008.



## CAPÍTULO 8

# A CAVIDADE NATURAL SUBTERRÂNEA “TOCA DO INFERNO”, BARÃO DE GRAJAÚ – MA, E SUA IMPORTÂNCIA PARA A SUSTENTABILIDADE DO CERRADO NA REGIÃO

Bianca dos Santos Fernandes; Claudio Urbano Bittencourt Pinheiro.

## INTRODUÇÃO

Cavernas são formas cársticas, condutos subterrâneos que transportam a água que se infiltra através de dolinas ou sumidouros, estando intimamente relacionadas com outras feições cársticas. Em geral, o termo Carste, versão portuguesa da palavra *Karst* é empregado para designação de áreas calcárias, areníticas ou dolomíticas que possuem uma topografia característica, oriunda da dissolução química das rochas, embora existam grutas também em bauxita, canga laterítica, granito, minério de ferro e quartzito. Inicialmente, este termo, que em sua tradução literal significa campo de pedras calcárias, representava a morfologia regional da área de calcários maciços situado nas proximidades de *Rjeka*, na Iugoslávia. Posteriormente a nomenclatura se internacionalizou, e passou a designar as regiões que apresentassem aspectos semelhantes (LINO & ALLIEVI, 1980; AULER & ZOGBI, 2005; GUERRA & CUNHA, 2007; TRAVASSOS *et al.*, 2008).

Por apresentar características distintas do meio epígeo, o ambiente subterrâneo exibe particularidades que denotam funções ecológicas, históricas e culturais passíveis de investigação científica. Este ambiente é altamente vulnerável a alterações ambientais por apresentar um elevado grau de endemismo, pouco tolerante a fatores de estresse, dependência de nutrientes importados do meio externo, e com populações frequentemente pequenas e com baixa capacidade de recuperação, como consequência de suas estratégias de ciclo de vida (BARR & HOLSINGER, 1985; TRAJANO & BICHUETTE, 2006; DONATO & RIBEIRO, 2011; CARVALHO 2012). Dessa forma, a conservação de cavernas não pode ser desvinculada do ambiente externo, já que os organismos cavernícolas são em maioria dependentes de recursos alóctones como o guano, carcaças, detritos vegetais e raízes (SILVA & FERREIRA, 2009).

Grande parte do território brasileiro é composta por terrenos propícios à ocorrência de ambientes cársticos. No país, menos de 5% das cavernas existentes foram identificadas. Assim, o potencial espeleológico brasileiro situa-se na faixa de algumas centenas de milhares de cavernas.

A ausência de pesquisa, poucos espeleólogos, dificuldades de acesso, dentre outros motivos, justificam o reduzido conhecimento do potencial espeleológico brasileiro (MARRA, 2008; PILÓ & AULER, 2011; CARVALHO, 2012).

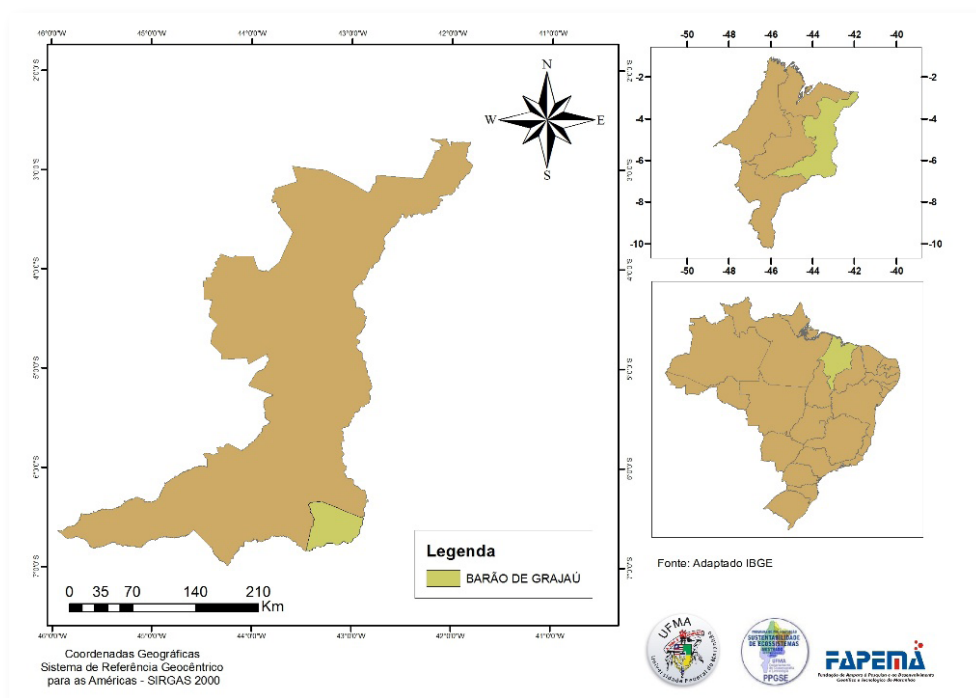
O município de Barão de Grajaú – MA foi selecionado para a pesquisa por apresentar a maior cavidade natural subterrânea já identificada no Maranhão, a Toca do Inferno, com 151m de desenvolvimento horizontal. Adicionalmente, a caverna pode ser considerada uma “caverna de morcegos” (*bat cave*), constituindo importante abrigo para morcegos e demais animais em uma área de transição de cerrado-caatinga. Estas particularidades conferem à caverna expressivo destaque como um elemento-chave para a sustentabilidade local. Desse modo, o trabalho objetivou, de forma geral, caracterizar a caverna “Toca do Inferno” e avaliar a sua importância para a sustentabilidade do ecossistema e seus elementos relacionados à fauna e à flora.

## METODOLOGIA

### Área de Estudo

O município de Barão de Grajaú – MA (FIGURA 1), está localizado na mesorregião do Leste Maranhense e Microrregião Chapada do Alto Itapecuru. Encontra-se na divisão climática Sub-Úmido Seco e na bacia do rio Parnaíba. O município apresenta totais pluviométricos entre 1.200 e 1.600 mm, representando umas das áreas mais secas do Estado. (MARANHÃO, 2002).

FIGURA 1 - Mapa de localização da área de estudo - Barão de Grajaú - MA.



Fonte: Adaptado IBGE, 2012.

Quanto à geologia, Barão de Grajaú está inserido em rochas sedimentares dominado pelas Formações Poti (arenitos cinza-esbranquiçados, intercalados a folhelhos e siltitos), Piauí (arenitos de róseo a arroxeados, folhelho e calcário), Pedra de Fogo (sílex e calcário, intercalado



com arenito, folhelho e anidrita), e Corda - arenitos sobrepostos à Formação Pastos Bons (BRASIL, 1986; PROJETEC, 2009).

Das formações geomorfológicas, Barão de Grajaú compreende as feições de Chapadões, Chapadas, "Cuestas" e Superfície Maranhense com Testemunhos. A cidade está situada no Planalto Sedimentar do Maranhão-Piauí, caracterizada por Superfícies Conservadas e Superfícies Dissecadas do Alto Parnaíba (BRASIL, 1986). Quanto ao uso e cobertura vegetal o município é caracterizado por cerrado, cerradão e campos cerrados com pastagem natural, bem como agricultura de subsistência (MARANHÃO, 2002).

### **Levantamento de Dados Ambientais da Caverna Toca do Inferno**

A reunião das informações obtidas foi feita em uma ficha cadastral adaptada do espeleogruppo Brasília de Minas, que permitiu a sintetização dos dados para uma análise qualitativa prática. Na ficha de campo foi possível reunir dados de localização, além de tipologia, acesso, grau de dificuldade por trilha, espeleomensura, geoespeleologia, ornamentação e bioespeleologia. Também foram verificados dados referentes à arqueologia e paleontologia. A coleta de dados abióticos, como a mensuração de temperatura de solo e ar, foi realizada com o auxílio de um termômetro digital. Em cada salão da cavidade foram delimitados três pontos para verificação, aferindo-se a média.

### **Levantamento da Flora Epígea da Toca do Inferno**

Decidiu-se pelo estabelecimento de quatro raios de amostragem no entorno da caverna. Em cada raio foram locadas e amostradas cinco parcelas (BRAUN-BLANQUET, 1979; SCHAEFFER-NOVELLI & CINTRÓN, 1986) em dimensões de 200m<sup>2</sup> cada (10 x 20 m). As parcelas individuais em cada raio foram locadas alternando-se cada uma com um espaço de 50 metros entre elas. Desse modo, a extensão total de cada raio foi de 300 metros, abrangendo um total de 1.200m<sup>2</sup> no entorno da caverna.

As amostragens envolveram o levantamento e registro das espécies vegetais, número de indivíduos, hábito de crescimento e estágio de desenvolvimento. As plantas foram identificadas com ajuda de informante-chave, a princípio pelo nome comum local; posteriormente, foi procedida a identificação botânica, utilizando-se espécimes botânicos, imagens digitais e banco de dados.

Foram realizadas entrevistas para levantamento e registro das relações dos morcegos com as espécies vegetais da região. Neste modelo de entrevista, a espécie de planta era citada e perguntada a sua relação com os morcegos da caverna, registrando-se para cada espécie vegetal dita ser visitada por morcego, a parte da planta visitada e a época principal de visitação. Foram realizadas sete entrevistas com informantes chaves, aplicando-se o método Bola de Neve (Snow Ball), onde um informante chave indica o próximo até que a amostra de informantes se esgote (BIERNACKI & WALDORF, 1981). Deste levantamento resultou uma matriz de associação Planta x Morcego.

### **Levantamento da Macrofauna**

Os insetos foram coletados com armadilhas luminosas do tipo CDC (Center of Disease Control), das 18:00h às 6:00h totalizando sete noites. Na primeira campanha, foram feitas duas coletas na caverna e duas coletas nas comunidades. Na segunda campanha, foi realizada uma coleta na caverna e duas coletas nas comunidades. Na caverna as armadilhas foram dispostas

em árvores próximas à entrada e nos salões interiores. Nas comunidades as armadilhas foram instaladas no peridomicílio e na vegetação próxima às casas. Os insetos foram armazenados em tubos plásticos para posterior triagem e identificação. Esta fase foi desenvolvida no Laboratório de Entomologia e Vetores da Universidade Federal do Maranhão.

A captura de morcegos foi feita com redes de neblina (12m x 2,5m), armadas ao nível do solo após o crepúsculo, conforme a metodologia sugerida por Pacheco (2005). Na caverna, a captura dos morcegos foi realizada das 18:00h às 20:00h e nos povoados, das 18:00h às 22:00h. O esforço amostral, segundo padronização proposta por Straube e Bianconi (2002), foi de 240 m<sup>2</sup>.h na caverna e 720 m<sup>2</sup>.h em cada localidade – totalizando 3.120 m<sup>2</sup>.h. Para a análise do esforço amostral foi realizada a multiplicação da área de cada rede pelo tempo de exposição, multiplicado pelo número de repetições e, por fim, pelo número de redes.

Os morcegos coletados foram acondicionados em sacos de algodão e retirados logo após o término das capturas para análise dos dados biométricos. Para a identificação das recapturas, foram feitas marcações em todos os morcegos por meio do corte da pelagem dorsal. A identificação das espécies foi realizada de acordo com a classificação taxonômica apresentada por Gardner (2007). Os testemunhos das espécies estão guardados na Coleção do Laboratório de Entomologia e Vetores da UFMA, conforme autorização do SISBIO.

### **Questionário Socioambiental**

As comunidades circundantes à caverna são: Faveirinha, Urubu, Lajes e Canto do Buriti, pequenos povoados com no máximo 13 famílias. Concomitante às coletas foram aplicados os questionários nestes povoados, tanto os socioambientais quanto os de relação planta-morcego com os informantes chaves, aplicando-se o método Bola de Neve - Snow Ball (BIERNACKI & WALDORF, 1981).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **Caracterização Espeleológica da Caverna Toca do Inferno**

A caverna é composta por cotas altimétricas superiores a 200m, cercada por serras como a Serra da Prata, Serra das Emas e Chapada da Bandeira. Quanto à situação de exposição, encontra-se totalmente exposta, com tipologia em formato de arco. A cavidade não possui indícios visíveis de sítios arqueológicos ou paleontológicos, contudo atividades de prospecção podem ser realizadas. (FIGURA 2).

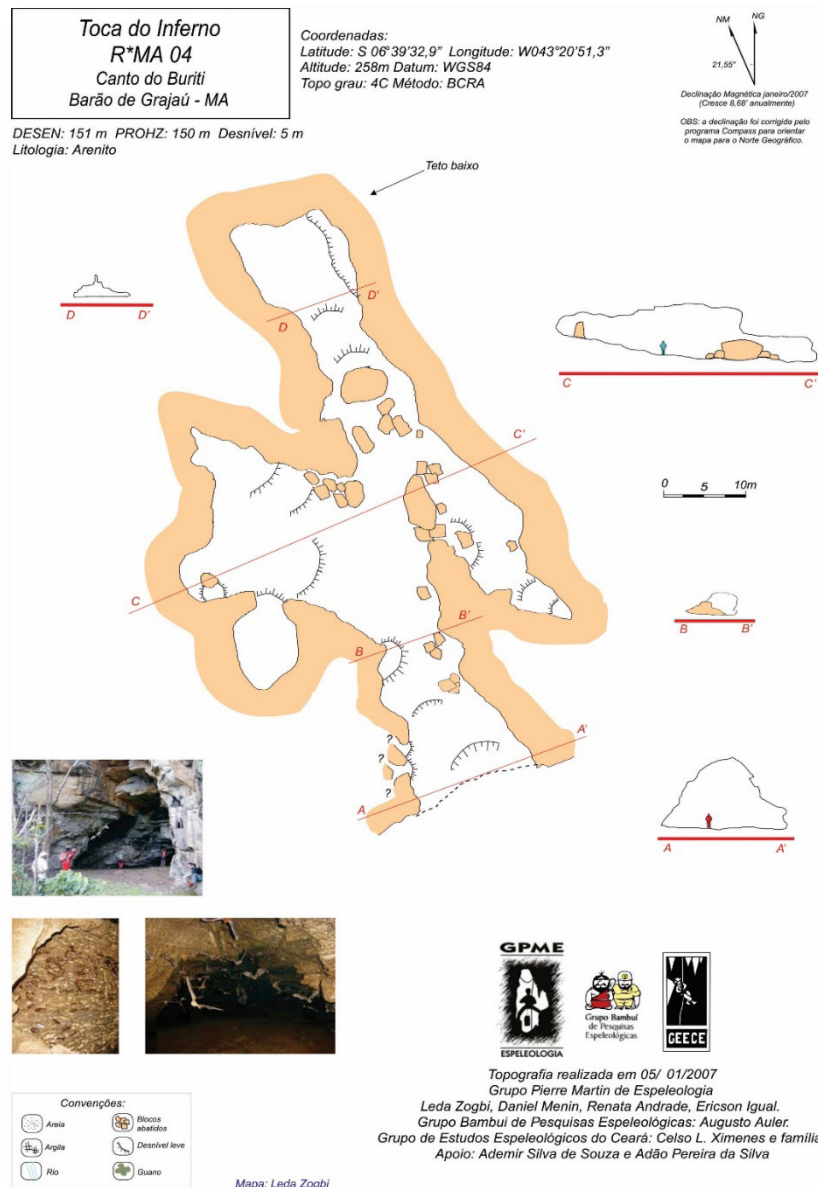


FIGURA 2 - Mapa da Caverna Toca do Inferno, Barão de Grajaú – MA, realizado pelo grupo Pierre Martin de Espeleologia.

A Toca do Inferno possui topografia concluída, com coordenadas geográficas: Latitude S 06°39'32,9" e Longitude W 43°20'51,3"; altitude 258m; desenvolvimento linear de 151m e desnível de 5m. Possui litologia arenítica, 15m de largura na entrada e 10m de altura aproximadamente. É composta por três salões conectados, sendo de difícil exploração devido aos obstáculos, guano, presença de animais peçonhentos como cobras e falta de iluminação. Quanto à ornamentação, a caverna apresenta escorrimentos, cortinas e colunas, em pequena quantidade, localizados em pontos isolados da caverna.

A mensuração de temperatura de solo e ar foi verificada em oito espaços. Foi constatada uma variação de 7,1°C entre as médias de temperatura de ar considerando todos os espaços (dentro e fora da caverna) e de 13,9°C entre as médias de temperatura de solo. Fora da caverna as temperaturas (de solo e de ar) são mais elevadas devido à incidência direta dos raios solares; em contraponto, a partir do interior da caverna a temperatura tende a reduzir. Observou-se também que a partir do primeiro salão a temperatura do solo cai, apresentando-se sempre mais baixa do que a temperatura do ar. Os espaços subterrâneos apresentam características normalmente

estáveis, com temperatura relativamente constante, umidade relativa do ar próxima à saturação e baixa taxa de evaporação (TRAJANO, 1984; BARR & HOLSINGER, 1985).

Os morcegos são encontrados em todos os compartimentos da caverna, independentemente do tipo de zona. Foi observado, no entanto uma variação de acordo com o turno; por exemplo, à noite algumas colônias migram para os primeiros salões preparando-se para a saída noturna. Quanto aos demais animais, eles se estabelecem de acordo com sua zona preferencial. A composição da fauna cavernícola poderá ser similar quando da presença de fatores ecologicamente determinantes como ausência de luz e estabilidade dos parâmetros ambientais, independente da litologia. (TRAJANO, 1987).

Um dos principais aportes energéticos é o guano, encontrado por todos os compartimentos da caverna, além da serapilheira, galhos, folhas e sementes de frutas encontradas na zona de entrada e na zona de penumbra.

### **Levantamento Florístico do Meio Epígeo**

Na região de estudo, a vegetação em geral é representada por ecótonos, onde a vegetação de Cerrado é predominante, embora se entrelace em muitos pontos, com a Floresta Ombrófila Aberta de Babaçu, formando em mosaicos heterogêneos, onde elementos destas tipologias de vegetação se inter-relacionam (PROJETEC, 2009). Por outro lado, devido às muitas intervenções antrópicas ocorridas, especialmente para a agricultura e a pecuária, estas formações encontram-se alteradas em extensas áreas. Nessas condições, a regeneração da vegetação local tem ocorrido de forma diferenciada, de acordo com as novas condições criadas pela antropização dos Cerrados.

Na região é muito comum à ocorrência de Babaçu (*Orbignya phalerata* Mart.); são encontrados isolados ou formando agrupamentos (babaçuais). Estas formações são comuns na atualidade, nas áreas onde a interferência antrópica eliminou a floresta original, com preferência nos fundos de vales e em bases de encostas. Contudo, seu avanço é consistente, embora ainda gradativo, na medida das alterações na vegetação original de cerrado.

A vegetação no entorno pode apresentar a fitofisionomia dominante de Cerrado ou Cerradão, ou ainda, formações adaptadas às condições de alagamento temporário como as Matas de Galeria. Utilizando como base para as descrições das fitofisionomias a classificação proposta por IBGE (VELOSO, 1991), Projeto Radam Brasil (1973) foi possível observar as seguintes tipologias: Vegetação Savânica - Savana Arborizada (Cerrado *stricto sensu*); Vegetação Florestal - Savana Florestada (Cerradão), Floresta Ombrófila Aberta Secundária com Babaçu (Babaçual), Floresta Aluvial (Mata Ciliar de Galeria).

### **Entorno da Caverna Toca do Inferno**

A vegetação de entorno da caverna, em raio aproximado de três km, consiste predominantemente de formação Cerrado *stricto sensu*, arbóreo, com estrato herbáceo associado de gramíneas. As variações encontradas consistem basicamente de associações com Babaçu, em áreas mais baixas de fundos de depressões, ou formações mais esparsas do próprio cerrado em pontos onde a topografia acidentada e a condição litológica do solo definem a fitofisionomia.

No levantamento fitossociológico foram amostrados 802 indivíduos pertencentes a 37 famílias e 66 espécies vegetais nas 20 parcelas amostradas nos quatro raios no entorno da caverna. As famílias que mais se destacam pelo número de indivíduos nas 20 parcelas amostradas

foram: Palmae com 20,45% (exclusivamente no Raio 1, pela presença do Babaçu), Leguminosae com 19,70% e Myrtaceae com 19,33% dos indivíduos amostrados, além de Vochysiaceae, com 13,59% do total de indivíduos amostrados.

Dentre as espécies, destaca-se em número de indivíduos registrados, o Babaçu (*Orbignya phalerata* Mart.), com 20,45%, Araçá (*Psidium grandiflorum* Ruiz & Pavon.), 12,09%, a Catinga de Porco (*Caesalpinia pyramidalis* Tul.), 8,73%, o Pau Terra da Folha Miúda (*Qualea parviflora* Mart.), 8,60% e o Pau Terra da Folha Grande (*Qualea grandiflora* Mart.), 4,74%, além do Mufumbo (*Combrethum leprosum* Mart.), 4,36%.

As espécies vegetais podem ser classificadas em grupos de acordo com seu comportamento ambiental de adaptabilidade, crescimento, regeneração, tipo de madeira e dispersão de sementes. Estes grupos ecológicos são compostos pelas plantas pioneiras, secundárias e de clímax (LORENZI, 2008). Uma floresta torna-se degradada quando passa por distúrbios naturais ou antrópicos, portanto o mecanismo de renovação da mata se dá por meio de sucessões, com a cicatrização e regeneração dos locais perturbados. Em estágios iniciais de sucessão, a maior participação é de espécies pioneiras e secundárias iniciais (GOMEZ-POMPA, 1971).

Dentre as espécies identificadas na pesquisa, grande parte enquadra-se no nível de sucessão secundária, e destas, a maioria estão presentes no primeiro e/ou quarto raio de amostragem, ambientes com distúrbios provenientes principalmente de desmatamento e queimadas, características próprias deste nível sucessional.

### Levantamento da Macrofauna

A fauna cavernícola é disposta em áreas das cavernas com características favoráveis ao seu desenvolvimento. Estas condições podem ser estabelecidas em zonas, determinadas pela distância em relação ao meio externo e com particularidades que influenciam a distribuição dos organismos (BARR & HOLSINGER, 1985; HOWARTH, 1993; TRAJANO & BICHUETTE, 2006). Os morcegos são encontrados em todos os compartimentos da Toca do Inferno, já os demais componentes da macrofauna, se estabelecem de acordo com sua zona preferencial.

### Entomofauna

Na Toca do Inferno, foram contabilizadas oito ordens de insetos. Na primeira campanha, foram coletados na "entrada da caverna" 784 espécimes e 2.363 "dentro da cavidade". Já na segunda campanha, o quantitativo reduziu acentuadamente na "entrada da caverna" (255) e aumentou "dentro da caverna" (2.661). É notável, assim, a importância da estrutura cárstica nos dois semestres do ano, pois tanto no período mais úmido quanto no mais seco a caverna refugia expressiva comunidade entomológica.

A ordem mais representativa nas duas campanhas foi a Diptera (com 5.551 espécimes), provavelmente devido ao método de coleta adotado, que facilita a atração destes pela luminosidade das armadilhas. Em trabalho realizado em uma caverna no município de Laranjeiras, Sergipe, os dípteros foram abundantes em toda a sua extensão. (ALMEIDA *et al.*, 2006). Dentre os dípteros coletados na cavidade Toca do Inferno e nas comunidades, 67,48% são da família Psychodidae, representados pelos flebotomos, conhecidos popularmente como mosquito-palha, são insetos vetores responsáveis pela transmissão da [leishmaniose](#).

A análise da abundância dos dípteros na Toca do Inferno, nos dois períodos do ano, aponta diminuição nos povoados e na entrada da caverna durante o período seco. Já dentro da caverna a presença aumentou consideravelmente neste período, fato que pode ser associado principalmente a dois fatores: diminuição na abundância de morcegos insetívoros, proporcionando menor predação sobre estes insetos; e dispersão dos insetos para dentro da caverna, que neste período, apresenta uma temperatura mais amena e maior umidade relativa do ar em relação ao meio epígeo, fato que revela importância da caverna enquanto abrigo para fauna (PEREIRA *et al.*, 2011; SILVA, 2006).

### Quiropterofauna

Durante a pesquisa, foram capturados 181 indivíduos distribuídos em três famílias, cinco subfamílias, 12 gêneros e 16 espécies. Destes, 153 foram capturados na primeira campanha (período chuvoso) e 28 na segunda (estiagem). A grande maioria das espécies pertence à família Phyllostomidae (81,2% das espécies), seguida por Mormoopidae (12,5%) e Natalidae (6,2%). As espécies mais abundantes tanto no período chuvoso quanto no de estiagem foram *Pteronotus parnellii* (43,7% dos indivíduos capturados no período chuvoso e 28,5% no de estiagem), *Carollia perspicillata* (22,2% chuvoso; 25% estiagem) e *Pteronotus gymnonotus* (14,3% chuvoso; nenhum no de estiagem). É destacável a expansão da distribuição de *Natalus espiritosantensis* e *P. parnellii*, assim como a adição de *Phyllostomus elongatus* e *Pteronotus gymnonotus* à lista de espécies já registradas no Maranhão.

Dos animais que utilizam as cavernas como refúgio, os morcegos são os mamíferos mais abundantes (ESBÉRARD, 1999). As cavernas, no entanto, não oferecerem abundância de recurso alimentar, o que limita a vida subterrânea. Assim, a quiropterofauna desloca-se para o meio externo em busca de alimentos e no retorno desempenha relevante função para o equilíbrio de outros componentes da fauna cavernícola: o fornecimento de depósitos de guano, importante recurso alimentar dos animais que completam seu ciclo de vida nas cavernas (TRAJANO, 1996; REIS *et al.*, 2007).

Entre as oito espécies de morcegos encontradas na caverna Toca do Inferno, somente duas foram registradas exclusivamente neste ambiente (*N. espiritosantensis* e *P. gymnonotus*). Já nas localidades foram encontradas 14 espécies, destas, oito não foram registradas no ambiente cavernícola (TABELA 1). A localidade que apresentou o maior número de espécies de morcegos foi a Faveirinha, com maior abundância de *Pteronotus parnellii*, que também foi a mais frequente em Canto do Buriti. Já em Urubu e Lajes a espécie mais abundante foi *Carollia perspicillata*. Houve uma diminuição do total de morcegos capturados na segunda campanha. Este fato pode ser relacionado ao período de estiagem, durante o qual as queimadas são mais frequentes, e conseqüentemente o quantitativo de recursos alimentares para a fauna em geral é reduzido, inclusive para os morcegos.

TABELA 1 - Guilda (F – frugívoro; H – hematófago; N – nectarívoro; I – insetívoro; O – onívoro) e número de indivíduos das espécies de morcegos encontradas na Caverna Toca do Inferno (Cav 1 – estação chuvosa; Cav 2 – estação seca) e nas quatro comunidades do entorno, município de Barão de Grajaú - MA.

Espécies	Dieta	Buriti	Cav1	Cav2	Faveirinha	Lajes	Uburu	Total
<i>Artibeus cinereus</i>	F				1			1
<i>Artibeus lituratus</i>	F				1			1
<i>Artibeus planirostris</i>	F				2			2
<i>Platyrrhinus lineatus</i>	F						1	1
<i>Carolia perspicillata</i>	F	1	19	3	5	3	10	41
<i>Desmodus rotundus</i>	H			1	2			3
<i>Diaemus youngi</i>	H						1	1
<i>Glossophaga soricina</i>	N	1	9	4	1		1	16
<i>Lophostoma silvicolum</i>	I	2						2
<i>Mimon crenulatum</i>	I						1	1
<i>Phyllostomus discolor</i>	O				1			1
<i>Phyllostomus elongatus</i>	O		1		1			2
<i>Phyllostomus hastatus</i>	O			1	3			4
<i>Pteronotus gymnonotus</i>	I		22					22
<i>Pteronotus parnellii</i>	I	8	58		8		1	75
<i>Natalus espiritosantensis</i>	I		4	4				8
Número de espécies	-	4	6	5	10	1	6	16
Total	-	12	113	13	25	3	15	181

Os morcegos insetívoros e frugívoros representaram as guildas com maior número de espécies e indivíduos, sendo os primeiros os mais abundantes no ambiente cavernícola. A presença de espécies das mais diversificadas guildas tróficas em uma área pode sugerir, além da alta diversidade da assembléia local, o bom estado de conservação da área amostrada e a importância desta para a conservação das espécies de morcegos (DIAS, 2007).

De acordo com a literatura, a maioria das espécies não é especialista, ou seja, a dieta pode variar de acordo com a oferta de recursos. Considerava-se que *Desmodus rotundus*, por exemplo, seria exclusivamente hematófago, no entanto, em trabalhos de exame estomacal, encontraram restos de insetos nestes morcegos, o que indica a utilização de outros recursos alimentares pela espécie. A maioria dos filostomídeos que se alimentam de frutos ou néctar parece comportar-se como generalistas, utilizando seus principais itens alimentares do modo como são disponíveis no ambiente (TRAJANO, 1984).

Populações de *D. rotundus* são encontradas mais frequentemente em locais perturbados e habitados pelo homem, onde a oferta de alimentação, representada por animais domésticos, é mais acessível. Assim, esta espécie pode funcionar como um indicador de degradação (TRA-

JANO, 1984). Entre as localidades amostradas, esta espécie só foi encontrada na localidade de Faveirinha, a mais povoada; e na segunda campanha na Toca do Inferno, onde o ambiente de entorno apresentou características distintas da primeira campanha, principalmente pela expansão de queimadas. Esta espécie, no entanto, não foi muito frequente, com apenas três indivíduos coletados, o que indica uma região com pouca alteração.

As cavernas funcionam como abrigos diurnos protetores contra alterações ambientais e contra predadores (TRAJANO, 1984). A degradação e exploração das cavidades e de seu entorno representam, desta forma, uma ameaça real à conservação da macrofauna, especialmente aos morcegos. Assim, é importante a ampliação de trabalhos relacionados à fauna cavernícola para elaboração de planejamentos adequados à gestão do patrimônio espeleológico brasileiro (BERNARD *et al.*, 2012).

### **Avaliação do Estado de Conservação da Toca do Inferno e dos Riscos Naturais e Antrópicos**

Quanto ao meio biótico, não foram verificados animais com troglomorfo, no entanto, há riqueza de grupos de morcegos e a caverna apresenta alto nível de beleza cênica. Na análise do ambiente externo foi constatada vegetação natural no entorno, e das alterações antrópicas, a prática predatória mais marcante é relacionada às queimadas. Impactos em cavernas são frequentes, principalmente quando não existe gestão adequada. Dentre os principais têm-se a construção de barragens, urbanização e adaptação para o turismo; impactos de visitação e impactos de mineração (AULER & ZOGBI, 2005).

Na análise fisionômica do ambiente, da área total delimitada (201,13Km<sup>2</sup>), no entorno da caverna Toca do Inferno, registra-se um total de 52,05 Km<sup>2</sup> (25,88% da área total) com solo exposto. Entretanto, esse não parece ser um problema, como uma avaliação superficial poderia indicar. As áreas expostas na região são em sua maioria, naturais, oriundas da condição topográfica acidentada e pelo solo litólico, que limita em consequência a própria cobertura vegetal. Do total demarcado no entorno da caverna, registra-se mais de 50% de cobertura com vegetação de cerrado arbóreo denso (46,53%) e arbóreo aberto (8,02%), números expressivos para condições de cerrado (TABELA 2).

TABELA 2 - Áreas totais (em ha e km<sup>2</sup>) e correspondentes percentuais associadas às diferentes fisionomias vegetais, solo exposto e área queimada no entorno da Caverna Toca do Inferno, Barão Grajaú – MA.

<b>Classe</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Área km<sup>2</sup></b>	<b>%</b>
Cerrado Arbóreo Denso	9358,12	93,58	46,53
Solo Exposto	5205,31	52,05	25,88
Área Queimada	2080,76	20,81	10,35
Mata de Galeria	1851,73	18,52	9,21
Cerrado Arbóreo Aberto	1613,68	16,14	8,02
Mata de Babaçu	2,92	0,03	0,01
Área Total	20112,54	201,13	100

A presença calculada do Babaçu na área delimitada relaciona-se diretamente com as características de colonização desta espécie na região. Na atualidade, esta espécie aparece ocupando as



porções de áreas localizadas nas bases das encostas dos morros e/ou nos fundos de vales, onde as condições de umidade são mais favoráveis. Por outro lado, o aumento da ocupação dessas áreas pelo babaçu significa alterações na vegetação original na região, que passa a ser colonizada por esta palmeira. A rigor, isto significa perda da área de cerrado devido à ocupação pelo Babaçu, e todas as consequências que esta mudança na cobertura vegetal pode trazer.

Outro aspecto indicador do estado de conservação na região relaciona-se com a manutenção das Matas de Galeria ao longo dos cursos d'água. Na área delimitada, 18,52km<sup>2</sup>, correspondentes a 9,21% do total delimitado, ocupam as margens dos cursos d'água na área. Por outro lado, a área queimada na região delimitada também foi expressiva, representando na data de passagem do satélite (2010-07-07), 10,35% do total. As queimadas na região, aparentemente, são na atualidade mais frequentes do que tem sido no passado, conforme informações registradas nos questionários e entrevistas.

Queimadas são comumente realizadas no bioma Cerrado (ÁDAMOLI *et al.*, 1983). A origem do fogo pode advir de causas naturais, como vulcanismo e descargas elétricas, que ocorrem geralmente no período chuvoso ou de transição entre a estação chuvosa e seca; ou de causas antrópicas (FRANÇA *et al.*, 2007; MIRANDA & SATO, 2005). Estudos etnobiológicos relatam que o uso do fogo como prática de manejo em áreas de cerrado era comum entre as populações pré-históricas no período seco para atrair animais. Estas práticas perduram até a atualidade no auxílio à agricultura, à caça e no controle de pragas (ANDERSON & POSEY, 1985; RIVERA-LOMBARDI, 2003).

No Maranhão, o estado de degradação do cerrado se agrava devido o avanço da fronteira agrícola com áreas submetidas a queimadas (CONCEIÇÃO & CASTRO, 2009; FIGUEIREDO & ANDRADE, 2007; SILVA *et al.*, 2008). Em áreas de cerrado no nordeste maranhense, foram registradas queimadas no mês de outubro, final da estação seca (BULHÃO & FIGUEIREDO, 2002; FIGUEIREDO, 2008).

No sudeste maranhense, região que compreende o município de Barão de Grajaú – MA, a umidade relativa do ar atinge o ápice em março e decresce até o mês de setembro (FIGURA 3). Os valores pluviométricos acompanham esta tendência, com máxima no mês de março e mínimas de julho a setembro. Estas características atmosféricas conferem ao ambiente maior probabilidade de ocorrência e rápida propagação de queimadas no segundo semestre do ano, como foi relatado por moradores e atestado em campo.

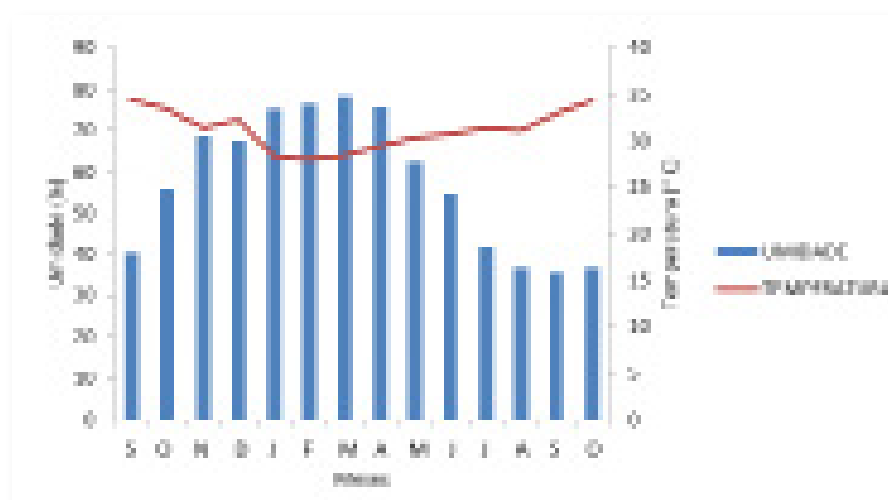


FIGURA 3 - Gráfico de umidade relativa do ar e temperatura do município de Barão de Grajaú – MA entre os meses de setembro de 2011 a outubro de 2012. Base meteorológica de Floriano – PI.

O fogo exerce relevante impacto na dinâmica das populações florísticas (HENRIQUES, 2005). Queimadas frequentes podem desencadear a invasão de espécies exóticas, fragmentação de habitats, além de significativo empobrecimento do ecossistema quanto ao estoque de nutrientes essenciais. Podem também ocasionar uma possível redução de biomassa, principalmente do estrato arbóreo e arbustivo, visto que as rebrotações podem não apresentar cascas espessas ou não terem alcançado altura crítica para o escape do efeito do fogo (FRANÇA *et al.*, 2007; LOPES *et al.*, 2009).

Queimadas realizadas no entorno de cavernas promovem consequências ambientais negativas tanto direta quanto indiretamente. O equilíbrio ecossistêmico é alterado com a retirada da vegetação de contato que serve de abrigo e recurso alimentar para diversos elementos faunísticos. Essa modificação no entorno desencadeará possíveis distúrbios no interior da caverna, que abriga fauna característica composta principalmente por morcegos, roedores, serpentes, anuros e insetos (TRAJANO & BICHUETTE, 2006).

Verifica-se deste modo a importância da conservação não só da caverna, mas também de seu entorno, que recebe e exerce influência a quilômetros de distância (AULER & ZOGBI, 2005), e é composto por vegetação diretamente associada à fauna (principalmente de morcegos) que por sua vez ajuda na recuperação da flora (BERNARD *et al.*, 2012a; BREDDT *et al.*, 2012; MELLO, 2002; PINA, 2011). Existe, portanto, um complexo sistema que, se interrompido, pode gerar consequências desfavoráveis ao ambiente regional e aos elementos bióticos envolvidos.

Um problema observado na caverna Toca do Inferno foi o não reconhecimento desta enquanto patrimônio cultural pela população. Poucos são os moradores que se identificam com a estrutura e estabelecem uma relação de memória e identidade com a caverna como um bem patrimonial. Desta forma, seria necessário um trabalho de sensibilização com os moradores para direcionamento de atividades conservacionistas e assim amenizar os casos de queimadas adjacentes à caverna e posteriormente, se for o caso, propor a institucionalização de uma unidade de conservação compatível à proteção do Patrimônio Espeleológico.

## CONCLUSÃO

As cavernas passaram a ser hierarquizadas em máxima, alta, média e baixa relevância, determinadas por atributos ecológicos, geológicos, histórico-culturais e socioeconômicos. No entanto, apenas as de máxima relevância estão asseguradas, as demais ficam passíveis de destruição permanente de suas condições. Este sistema de classificação, entretanto, é falho por não compreender os atributos como cíclicos e dinâmicos, com probabilidade de que uma característica particular venha a ser detectada no futuro. Os espaços subterrâneos são formações únicas, extremamente importantes para o entendimento das relações ecológicas, geológicas, ambientais e socioculturais. Mesmo com a legitimidade deste decreto, esforços devem ser feitos no sentido de inventariar e investigar as associações entre o meio epígeo e hipógeo das cavernas como uma forma de impedir a degradação legalizada destes bens públicos.

Neste sentido, a caverna Toca do Inferno foi selecionada por apresentar atributos de destaque, como o comprimento, a localização, além de ser um extraordinário abrigo para morcegos e demais animais em uma área de transição de cerrado-caatinga, e por possuir povoados em seu entorno, o que pode gerar pressão de impacto negativa ou funcionar como um escudo pró-conservação. Estas características conferem à caverna significativo destaque como um elemento-chave propulsor para a sustentabilidade local.

A cavidade estudada não possui córregos subterrâneos e seu portal é considerado grande; entretanto, nas zonas mais afastadas deste, o isolamento aumenta, e por conseguinte, as trocas de energia diminuem. Assim, a caverna é avaliada como de baixo a médio fluxo de energia, o que denota restrições quanto ao uso. Nas chamadas *bat caves*, não é aconselhável aos visitantes a exploração completa, principalmente nas zonas mais distantes da entrada, pois a abundância de insetos vetores de doenças, bem com o excesso de guano pode ser prejudicial aos turistas. A Toca do Inferno é uma *bat cave*, e como tal deve ser explorada com segurança. O espeleoturismo não é apropriado nesta cavidade por apresentar condições de risco aos visitantes, contudo, o turismo científico e atividades no entorno como o turismo contemplativo das feições cársticas e a prática da observação de voo dos morcegos no crepúsculo pode ser realizada.

Em relação à flora do entorno, há predominância da formação Cerrado *strictu sensu*, alternando entre feições do arbóreo denso ao arbóreo aberto, com estrato herbáceo associado a gramíneas. Uma característica que chamou a atenção no segundo semestre naquela região foram as queimadas. Esta situação foi observada nas imagens de satélite, confirmada em campo e reconhecida pelos entrevistados como atividade comumente realizada, principalmente entre os fazendeiros e agricultores.

Quanto à fauna, não foram encontradas espécies troglóbias; no entanto, dentre a entomofauna e quiropteroфаuna coletada, pode-se extrair importantes informações subsidiárias ao planejamento ambiental. Dentre os dípteros coletados na cavidade e nas comunidades, 67,48% são de flebotomos, conhecidos popularmente como mosquito-palha; são insetos vetores responsáveis pela transmissão da [leishmaniose](#). Ciente disto, a proteção contra impactos deve ser uma prioridade, caso contrário, estes possíveis disseminadores da doença podem se espalhar para as áreas domiciliares e infectar os visitantes e moradores.

Em relação a quiropteroфаuna, foram identificadas 16 espécies, número relativamente alto se considerado o número de noite de coletas (apenas sete noites). Estes indivíduos contribuem consideravelmente com o aporte de nutrientes para a caverna, favorecendo a entomofauna, e com a polinização e disseminação de sementes, que ajuda na manutenção e na regeneração do Cerrado. Dos morcegos coletados, 59,7% são insetívoros, o que revela outro serviço ambiental, que é o controle das populações de insetos. Destaca-se também o acréscimo de *Phyllostomus elongatus* e *Pteronotus gymnonotus* à lista de espécies já registradas no Maranhão.

A consulta aos moradores foi essencial para analisar a percepção destes em relação ao meio e à caverna. A maioria deles detêm uma visão negativa dos morcegos e praticamente a metade não concebe a caverna como um elemento importante para a região. Além disso, quanto aos recursos vegetais, os residentes demonstram forte envolvimento, principalmente em relação aos recursos destinados à alimentação e ao uso medicinal. Desta forma, fica evidente a necessidade de atividades relacionadas à educação ambiental para demonstrar a relevância e interação destes elementos.

A valorização tanto da caverna quanto da fauna é imprescindível para a manutenção do equilíbrio ambiental. Esta premissa, se transmitida aos moradores, que já mantêm uma relação de proximidade com a flora, facilmente desencadeará em um efeito positivo à conservação do meio. O combate à prática de queimadas, comum na região, também pode ser trabalhado e compreendido pela população como prejudicial, inclusive às espécies vegetais comumente utilizadas para fins terapêuticos.

Para tanto, a elaboração de planos de ação conservacionista, que inclua a compilação da biodiversidade, com investigações relacionadas aos padrões de distribuição, abundância e rique-

za de espécies devem ser dirigidos para justificar a conservação da Toca do Inferno, inclui-la na pauta de discussões das localidades adjacentes e até mesmo sugerir a institucionalização de uma Unidade de Conservação. Assim, o despertar de um sentimento de valorização e pertencimento pode ser engendrado entre os moradores, inibindo ações de degradação não só ao patrimônio espeleológico, mas ao ambiente como um todo.

## REFERÊNCIAS

- ADÁMOLI, J.; FUKUHARA, H.; SILVA, J. A. **Aplicação de técnicas de sensoriamento remoto no estudo de queimadas em pastagens nativas da região dos cerrados**. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1983. 811-820p. (EMBRAPA. CPAC, Documentos, 16).
- ALMEIDA, E. A. B.; BARRETO, E. A. S.; SILVA, E. J.; DONATO, C. R.; DANTAS, M. A. T. Levantamento espeleológico de Sergipe: Abordagem geomorfológica da caverna de Pedra Branca, Laranjeiras, Sergipe. In: **VI Simpósio Nacional de Geomorfologia**. Goiânia – GO, 10p. 2006.
- ANDERSON, A. B.; POSEY, D. A. Manejo de cerrado pelos índios Kayapó. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi Botânica**. Vol 2(1): 77-98p. Dezembro, 1985.
- AULER, A.; ZOGBI, L. **Espeleologia: noções básicas**. São Paulo: Redespeleo Brasil, 2005. 104p.
- BARR, T. C.; HOLSINGER, J. R. Speciation in cave faunas. **Ann. Rev. Ecol. Syst.** 16, 313-337p, 1985.
- BERNARD, L. F. O.; PELLEGRINI, T. G.; TAYLOR, E. L. S.; FERREIRA, R. L. Aspectos ecológicos de uma caverna granítica no sul de Minas Gerais. **Espeleo-Tema**. Campinas – SP. V. 23, N. 1. 5-12p. 2012.
- BIERNARCKI, P.; WALDORF, D. Snowball sampling-problems and techniques of chain referral sampling. **Sociological Methods and Research**, 10:141-163p. 1981.
- BRASIL. **Mapa Geológico do Estado do Maranhão**. Escala 1:1.000.000. Ministério das Minas e Energia, 1986.
- BRAUN-BLANQUET, J. **Fitossociologia**. Bases para el estudio de las comunidades vegetales. Madrid, Ed. Blume, 1979. 820p.
- BULHÃO, C. F.; FIGUEIREDO, P. S. Fenologia de leguminosas arbóreas em uma área de cerrado marginal no nordeste do Maranhão. **Revista Brasileira de Botânica**. V. 25, N. 3. 361-369p. Setembro de 2002.
- CARVALHO, F. A. O Estado de Conservação do patrimônio Espeleológico Brasileiro. In: CAVALCANTI, L. F. *et al* (organizadores). **Plano de ação nacional para a conservação do patrimônio espeleológico nas áreas cársticas da Bacia do rio São Francisco**. Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, Instituto Chico Mendes, 2012. 17-62p. (Série Espécies Ameaçadas nº 27).
- CONCEIÇÃO, G. M.; CASTRO, A. A. J. F. Fitossociologia de uma área de cerrado marginal, Parque Estadual do Mirador, Mirador, Maranhão. **Scientia Plena**. Vol. 5, Num. 10. 1-16p. Outubro de 2009.
- DIAS, P. A.; ALMEIDA, R. B.; OLIVEIRA, T. G. Quiropteroфаuna associada à Floresta de Mangue no Estado do Maranhão, Brasil. **Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil**. 2007, Caxambu – MG. 2p.
- DONATO, C. R.; RIBEIRO, A. S. Caracterização dos impactos ambientais de cavernas do município de Laranjeiras, Sergipe. **Caminhos de Geografia**. Uberlândia, v. 12, n. 40. 243-255p. Dezembro de 2011.

- ESBÉRARD, C. Nem Batman, nem Drácula. In: MATA, S. F. *et al.* (ed). **Educação Ambiental: Compromisso com a Sociedade**. Rio de Janeiro: MZ Editora. 29-34p. 1999.
- FIGUEIREDO, N.; ANDRADE, G. V. Estrutura e composição florística da vegetação de um Cerradão. In: BARRETO, L. (Org.). **Cerrado Norte do Brasil**. Pelotas, RG: USEB, 2007. 141-156p.
- FIGUEIREDO, P. S. Fenologia e estratégias reprodutivas das espécies arbóreas em uma área marginal de cerrado, na transição para o semi-árido no nordeste do Maranhão, Brasil. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**. V. 2, N. 2, 8-22p. 2008.
- FRANÇA, H.; RAMOS NETO, M. B.; SETZER, A. **O Fogo no Parque Nacional das Emas**, v. 27. MMA, 2007. 140p (Série Biodiversidade).
- GARDNER, A.L (ed). **Mammals of South America: marsupials, xenarthrans, shrews and bats**. Volume 1. The University of Chicago Press, Chicago, 2007. 690p.
- GOMEZ-POMPA, A. Posible papel de la vegetación secundaria en la evolución de la floratropical. **Biotropica**, Lawrence. V. 3, N. 2, 125-135p. Dezembro de 1971.
- GUERRA, A. J. T; CUNHA, S. B. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 7ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007. 472p.
- HENRIQUES, R. P. B. Influência da história, solo e fogo na distribuição e dinâmica das fitofisionomias no bioma do Cerrado. In: SCARIOT, A.; SOUSA-SILVA, J. C.; FELFILI, J. M. (organizadores). **Cerrado: Ecologia, Biodiversidade e Conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005. 73-92p.
- FRANÇA, H.; RAMOS NETO, M. B.; SETZER, A. **O Fogo no Parque Nacional das Emas**, v. 27. MMA, 2007. 140p (Série Biodiversidade).
- HOWARTH, F. G. High-stress subterranean habitats and evolutionary change in cave-inhabiting arthropods. **The American Naturalist**. V. 142, S65-S77p. 1993.
- LINO, C. F.; ALLIEVI, J. **Cavernas Brasileiras**. São Paulo: Comp. Melhoramentos de São Paulo, Indústrias de Papel, 1980. 168p.
- LOPES, S. F.; VALE, V. S.; SCHIAVINI, I. Efeito de Queimadas sobre a Estrutura e Composição da Comunidade Vegetal Lenhosa do Cerrado Sentido Restrito em Caldas Novas, GO. **Revista Árvore**. Viçosa – MG, v.33, n.4, p.695-704. Maio de 2009.
- LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil, vol. 1, 5 ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2008. 384p.
- MARANHÃO. GEPLAN. **Atlas do Maranhão**. LABGEO – UEMA. São Luís: GEPLAN, 2002. 39p.
- MARRA, R. J. C. **Critérios de Relevância para Classificação de Cavernas no Brasil**. 2008. 393p. Tese de doutorado (Centro de Desenvolvimento Sustentável). Universidade de Brasília, UNB.
- MIRANDA, H. S.; SATO, M. N. Efeitos do fogo na vegetação lenhosa do cerrado. In: SCARIOT, A.; SOUSA-SILVA, J. C.; FELFILI, J. M. (organizadores). **Cerrado: Ecologia, Biodiversidade e Conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005. 93-105p.
- PEREIRA, I. C. S.; FERREIRA, R. L.; SOUZA-SILVA, M. Variações estacionais nas comunidades de invertebrados da Gruta Taboa (Sete Lagoas/MG). In: XXXI Congresso Brasileiro de Espeleologia, Ponta Grossa, PR. **Anais**, 2011. 451-458p.

PILÓ, L. B.; AULER, A. Introdução à espeleologia. In: CARVALHO, S. C. (org.). **III Curso de espeleologia e licenciamento ambiental**. Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas, 2011. 7-24p.

PINA, S. M. S. **O uso do Habitat por morcegos em sistemas naturais e agroflorestais na savana brasileira**. 2011. 57p. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Gestão Ambiental). Universidade de Lisboa.

PROJETEC. **Estudo de Impacto Ambiental AHE Cachoeira**. Análise integrada, impactos, prognósticos e planos ambientais, v. IV, 2009. 297p.

PROJETO RADAM BRASIL. **Folha SB.23** Teresina e parte da Folha SB.24 Jaguaribe. MA, PI, TO, CE, PE e PA. 1973.

REIS, N. R.; PERACCHI, A. L.; PEDRO, W. A.; LIMA, I. P. (Editores). **Morcegos do Brasil**. Londrina: UEL, 253p. 2007.

RIVERA-LOMBARDI, R. J. **Estudo da recorrência de queimadas e permanência de cicatrizes do fogo em áreas selecionadas do cerrado brasileiro, utilizando imagens TM/Landsat**. 2003. 174 p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). São José dos campos: INPE.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; CINTRÓN, G. **Guia para estudos de áreas de manguezal: estrutura, função e flora**. São Paulo, Caribbean Ecological Research, 150p. 1986.

SILVA, H. G.; FIGUEIREDO, N.; ANDRADE, G. V. Estrutura da vegetação de um cerradão e a heterogeneidade regional do cerrado no Maranhão, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa – MG, v. 32, n. 5, 2008. 921-930p.

SILVA, F. J. **Invertebrados de cavernas do Distrito Federal: diversidade, distribuição temporal e espacial**. 2006. 121p. Tese (Doutorado em Ecologia). Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

SILVA, M. S.; FERREIRA, R. L. Estrutura das comunidades de invertebrados em cinco cavernas insulares e intertidais na costa brasileira. **Espeleo-Tema**. Campinas, SP, v. 20, n. ½, 25-36p. Dezembro de 2009.

STRAUBE, F.C.; BIANCONI, G.V. Sobre a grandeza e a unidade utilizada para estimar o esforço de captura com utilização de redes-de-neblina. **Chirop. Neotrop**. 8(1-2). 2002. 150-152p.

TRAJANO, E.; BICHUETTE, M. E. **Biologia Subterrânea: introdução**. São Paulo: Redespeleo, 2006. 92p.

TRAJANO, E. Fauna cavernícola brasileira: composição e caracterização preliminar. **Revista Brasileira de Zoologia**. São Paulo, Vol. 3(8), 1987. 533-561p.

TRAJANO, E. Movements of Cave bats in Southeastern Brazil, with emphasis on the population ecology of the common vampire bat, *Desmodus rotundus* (Chiroptera). **Biotropica**. 28(1), 121-129p. Março de 1996.

TRAJANO, E. Ecologia de populações de morcegos cavernícolas em uma região cárstica do sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**. São Paulo, Vol. 2(5), 255-320p. Dezembro de 1984.

TRAVASSOS, L. E. P.; GUIMARÃES, R. L.; VARELA, I. D. Áreas Cársticas, cavernas e a estrada real. **Pesquisas em Turismo e Paisagens Cársticas**. Campinas 1(2). Setembro de 2008. 107-120p.

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. IBGE, Rio de Janeiro, 123p. 1991.

## CAPÍTULO 9

# TRANSPORTE DE MATERIAL PARTICULADO EM SUSPENSÃO PELOS RIOS GRAJAÚ, PINDARÉ E MEARIM PARA O SISTEMA ESTUARINO DA BAÍA DE SÃO MARCOS-MA.

Ilmar Alves Lopes; Odilon Teixeira de Melo; Samara Aranha Schrique; Walter Luis Muedas Yauri.

## 1 INTRODUÇÃO

Em todo o mundo os ambientes aquáticos são utilizados para diversos fins: abastecimento d'água, navegação, geração de energia, aquicultura e embelezamento paisagístico e outros. Os sistemas de drenagem continental representam dentro dos compartimentos globais (litosfera, hidrosfera, atmosfera) a principal via de transporte entre os continentes e os oceanos, de água, de sedimentos e outros materiais (tais como: nutrientes, metais e poluentes sob as formas dissolvidas e particuladas). Essas transferências de matérias são governadas por múltiplos fatores como: clima, vegetação, morfologia e orografia das bacias de drenagem, dentro dos processos naturais, que moldam o sistema de drenagem ao longo do holoceno (HAY, 1998; MULDER, 1996).

Nas últimas décadas, o precioso recurso hídrico vem sendo ameaçado pelas atividades antrópicas, afetando toda a biosfera, causando desequilíbrios e gerando impactos ambientais. O Brasil possui cerca de 18% dos recursos hídricos do total global e uma disponibilidade hídrica superficial estimada em 8.160 km<sup>3</sup>/ano (CARVALHO *et al.*, 2000). Segundo o IBGE (1993), no Brasil o processo desordenado de ocupação do território foi responsável pelas formas inadequadas do uso do solo e poluição descontrolada. O processo de industrialização e rápida urbanização desconsideraram o equilíbrio e a preservação do meio-ambiente, contribuindo para gerar poluição concentrada, assim como, sérios problemas de drenagem, agravados pela inadequada deposição de lixo, assoreamento dos corpos d'água e, conseqüentemente, diminuição das velocidades de escoamentos das águas.

A falta de manejo correto das áreas das bacias hidrográficas gerou progressivamente alterações na qualidade das águas pelo contínuo lançamento de resíduos poluentes, causando diversos impactos com a movimentação de grandes volumes de sedimentos e rápidas impermeabilizações de superfícies, ameaçando todos os cursos d'água (RIO-AGENGA 21, 1992). A rápida expansão horizontal das cidades situadas dentro das áreas de influência de bacias, sem obediência a um

plano diretor, resultou em um manejo que vem comprometendo a área das bacias hidrográficas, chegando a envolver até os aquíferos e contribuintes que alimentam os rios principais, e assim alterando a pulsação desses ambientes (REVISTA SANEAMENTO, 1978).

Os estuários por sua vez, são ambientes costeiros semirestritos dentro dos quais ocorre a diluição da água do mar pela água doce proveniente das drenagens continentais (CAMERON & PRITCHARD, 1963). Esses ambientes são os receptáculos de substâncias e produtos de atividades humanas, os quais pode ocasionar a degradação da qualidade da água, afetando a diversidade biológica, pelo efeito nocivo aos organismos, prejudicando a atividade de pesca e até a redução de atrativos naturais (águas verdes das praias para o turismo em áreas costeiras). A sazonalidade sempre mostra a existência de resultados diferentes na dinâmica de movimentação de matéria no sistema.

Assim, este trabalho objetiva avaliar os teores e o fluxo de Material Particulado em Suspensão (MPS) transportados pelos rios Grajaú, Pindaré e Mearim para o sistema estuarino Mearim-Pindaré / baía de São Marcos-MA, sugerindo os prováveis processos naturais e antropogênicos relacionados, observando as diferenças sazonais.

## 2 METODOLOGIA

### 2.1 Área de Estudo

A área de estudo compreende as bacias hidrográficas dos rios Grajaú, Pindaré e Mearim, que se reúnem e deságuam nas águas estuarinas da Baía de São Marcos. As coletas de água nestas bacias ocorreram nas estações fluviométricas da ANA - Agência Nacional de Águas (Figura 1), nos pontos do baixo curso de Códigos 33290000 (Estação fluviométrica do rio Mearim na cidade de Bacabal-MA), a estação 33380000 do rio Grajaú (em Aratoí Grande no município de Bela Vista-MA) e a estação 33190000 do rio Pindaré (na reserva dos Guajajaras, no município de Santa Inês-MA), na condição de pontos exultórios dos rios (mais de 90 % da descarga líquida e sólida das bacias passam por estes pontos).

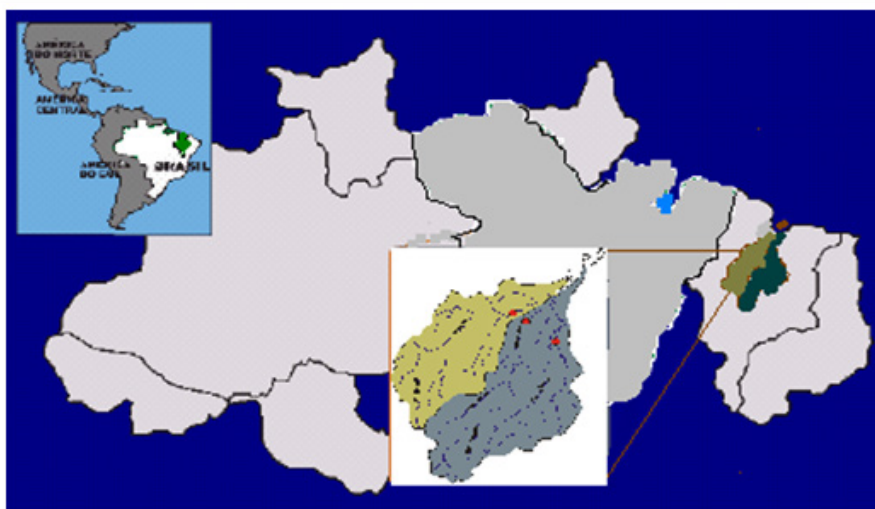


Figura 1. Localização da área de estudo. Os pontos vermelhos em destaque indicam a posição das estações fluviométricas da ANA (local de coleta) nas bacias de drenagem, das quais os rios pertencem.



Outras razões para essa escolha das estações fluviométricas, além dos dados de variação diária da cota do rio (altura da lâmina d'água com régua), foram a não influência de maré dinâmica e o apoio à logística de campo, de forma que se pudesse utilizar as equações da ANA para o cálculo das descargas sólidas (Material Particulado em Suspensão-MPS), bem como para determinação em termos estimativos do Carbono Orgânico Particulado-COP transportado em cada rio. As Estações fluviométricas são caracterizadas pelo nome do rio principal e pelo local. Cada estação tem um código numérico de oito algarismos. Através destes códigos é possível acessar pela internet os dados hidrométricos no sítio da ANA, sem custos.

O trabalho de campo compreendeu o período de coleta de novembro de 2004 a novembro de 2005, contemplando os períodos de seca (Julho-Novembro) e chuva (Dezembro-Junho) da região. Os trabalhos de campo foram desenvolvidos com medições *in situ* dos parâmetros físicos e físico-químicos (velocidade da corrente, temperatura, transparência, profundidade, condutividade, Sólidos Totais Dissolvidos-STD, pH e oxigênio dissolvido) com medidores de campo e com coleta das amostras para as análises físico-químicas e biogeoquímicas.

Para análise das medições de descarga líquida, a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais-CPRM (que operacionaliza as estações) faz plotagem dos resultados em gráficos de cota *versus* (vazão, área e velocidade). O objetivo é verificar a ocorrência de mudanças de tendências ao longo do tempo. Neste contexto, são definidos os períodos de validade e o ajuste das curvas-chaves. Utiliza-se o método dos mínimos quadrados para estabelecer as equações exponenciais do tipo  $Q = K(h-h_0)^M$ , onde: Q é a vazão em  $m^3/s$ ; h é a cota em metros; e, K,  $h_0$  e M são constantes (MOREIRA *et al.*, 1996).

A vazão é o volume de água que passa por determinada seção de um rio, dividido por um intervalo de tempo, expressa em metros cúbicos por segundo ( $m^3 s^{-1}$ ). As equações fornecidas para os cálculos das descargas sólidas foram aplicadas para o ano de 2002, pela ANA. As equações ( $Q=m^3/s$  e  $h= cm$ ) foram:

Estação 33290000 de Bacabal no rio Mearim

- $Q = 14(h+0,75)^{1,54}$  para cotas entre 90 cm e 500cm
- $Q = 20,8(h-0,42)^{1,51}$  para cotas entre 501cm e 775cm
- $Q = 97(h-5,50)^{1,81}$  para cotas entre 776 cm e 811 cm

Estação 33380000 de Aratoí Grande no rio Grajaú

- $Q = 25,72(h-0,01)^{1,525}$  para cotas entre 20 cm e 482 cm
- $Q = 29,35(h-1,5)^{1,887}$  para cotas entre 483 cm e 690 cm

Estação 33190000 de Pindaré Mirim no rio Pindaré

- $Q = 10,45(h-0,4)^{1,8815}$  para cotas entre 90 cm e 661cm
- $Q = 106(h-4,5)^{1,80}$  para cotas entre 662 cm e 900 cm

As medições das principais características físicas, físico-químicas e a amostragem para a análise da composição química e biogeoquímicas foram realizadas mensalmente em cada rio, nas estações citadas, durante 13 meses consecutivos, de maneira que se obtivesse dados dos períodos seco e chuvoso.

A amostragem de água foi efetuada em garrafas de polietileno de boca larga de 1l, previamente lavadas com  $\text{HNO}_3$  0,1 N e água destilada. Antes de cada coleta, mergulhou-se a garrafa de 15 a 30 cm da superfície, com boca voltada contra a correnteza, enchendo-as pela metade, fazendo-se o enxágue com a água local, para posterior coleta da água para a análise. As amostras de fundos foram coletadas por amostradores de água tipo *van Dorn* e *Niskin* de 2,5l, com abertura no sentido longitudinal ao fluxo da água, em canoas a remo ou embarcações motorizadas. Todas as amostras foram preservadas em caixas de isopor com gelo até o momento das análises.

Também se utilizou bomba elétrica submersa para coleta de maiores volumes de amostras (50 litros) dos rios Mearim, Pindaré e Grajaú. Deixou-se decantar o material por um mês para determinação da granulometria do MPS. Secou-se em estufa. Anotou-se o peso total da amostra; passou-se o material depois de homogêneo na peneira de nº 250 (63  $\mu\text{m}$ ) para separar areia de argila e siltes.

Para análise de MPS, as amostras foram filtradas em filtros de acetato de celulose de 0,45  $\mu\text{m}$  previamente seco em estufa por 1 hora a 75°C. Acondicionado em dessecador até a pesagem. Para análise de COP foram utilizados filtros de fibra de vidro de 0,7  $\mu\text{m}$  de poro, calcinado a 450°C em mufla, devidamente limpa de impureza, por 1 hora, e aquecido em placa 100°C.

O carbono orgânico foi determinado mediante titulação com solução de dicromato de potássio em meio ácido, sendo o excesso de oxidante consumido por solução padronizada de sulfato duplo de amônio e ferro (II), empregando ferroína como indicador (GAUDETTE *et al.*, 1974).

Foi feito arraste de MPS com rede durante as campanhas com malha de 20  $\mu\text{m}$  em cada rio, durante 15 minutos com uma profundidade 15 a 30 cm na lâmina d'água.

Os cálculos das vazões ( $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ ), os valores de régua da altura do nível do rio foram fornecidos pela CPRM que gerencia as operações nas estações em estudo para a ANA. Os valores das equações, segundo a CPRM, são reajustados periodicamente de acordo com a dinâmica dos rios.

As análises físicas e físico-químicas foram realizadas no Laboratório de Oceanografia Química do Departamento de Oceanografia e Limnologia da UFMA. A metodologia utilizada nessas análises consta na tabela 1.

Tabela 1. Resumo da metodologia dos parâmetros físicos e físico-químicos.

PARÂMETROS	MÉTODO	AUTOR
I – FÍSICOS		
Velocidade da corrente	Flutuador	Dados da ANA.
Temperatura	Sonda termistor	-
Transparência	Disco de Secchi	Poole & Atkins (1929)
Condutividade	Sonda multiparâmetros	WTW – 2002
II – FÍSICO-QUÍMICOS		
pH	pHmetro	-
STD	Sonda multiparâmetro	WTW - 2002
Oxigênio dissolvido	Sonda multiparâmetro	WTW – 2002

Alcalinidade total	Volumétrico	APHA, 1995
Sólidos em suspensão	Gravimétrico	APHA, 1995

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A presença de aporte de sedimentos é natural em ambientes aquáticos, contudo os valores elevados no período chuvoso, quando comparado ao período seco, mostram uma intensa interferência das atividades humanas nas áreas de domínio das bacias as quais os rios estudados pertencem.

A concentração de MPS cresce no período chuvoso (Figura 2), tendo um pico acentuado no mês de março a maio, onde o nível dos rios atinge maiores valores de altura de nível de cota, com pequenas oscilações em virtude da pluviosidade maior ou menor na região de cabeceira (a montante das estações fluviométricas). Essa elevada concentração de MPS no período chuvoso foi observado de forma mais acentuada nos rios Mearim, que atinge valor máximo em maio, e no Grajaú, em relação ao do rio Pindaré, que não teve grandes variações de MPS.

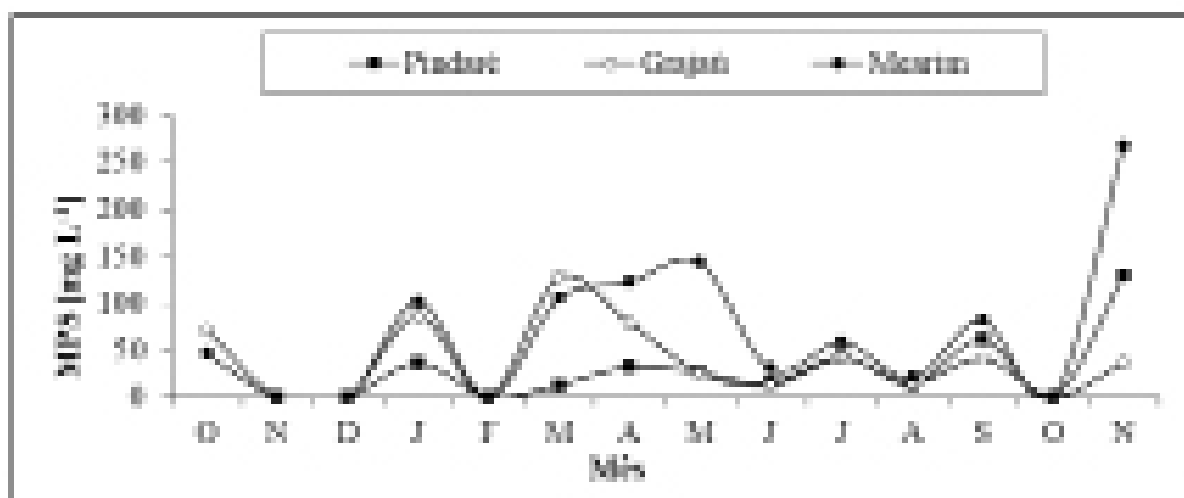


Figura 2. Concentração média mensal de Material Particulado em Suspensão (MPS) dos Rios Grajaú, Pindaré e Mearim.

No período seco, a distribuição de MPS mostra um comportamento regular (linear) de concentração inferior a  $100 \text{ mg L}^{-1}$  em todos os rios deste estudo. De qualquer forma, percebe-se que para o rio Pindaré houve pouca variação com a sazonalidade e que ocorreu diluição da concentração de MPS com o aumento da descarga líquida.

A média da vazão hídrica dos três rios Grajaú, Mearim e Pindaré mostram uma vazão maior que  $50 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ , e um fluxo médio de MPS ficou acima de  $7 \times 10^{10} \text{ ton ano}^{-1}$ , que são lançados em direção à área estuarina da Baía de São Marcos (Figura 3). Os maiores valores se referem ao período de descargas máxima de sedimento, que coincide com o período chuvoso, registrado entre os meses de março e abril (Figura 3), que formam a grande pluma de sedimento em frente à Ilha dos Caranguejos, que pode ser visto durante a travessia do ferry boat para Cujupe, prejudicando a beleza cênica das águas (depreciação sob o ponto de vista turístico), problemas no canal de acesso ao complexo portuário da baía de São Marcos e na produção pesqueira da região e área costeira adjacente.

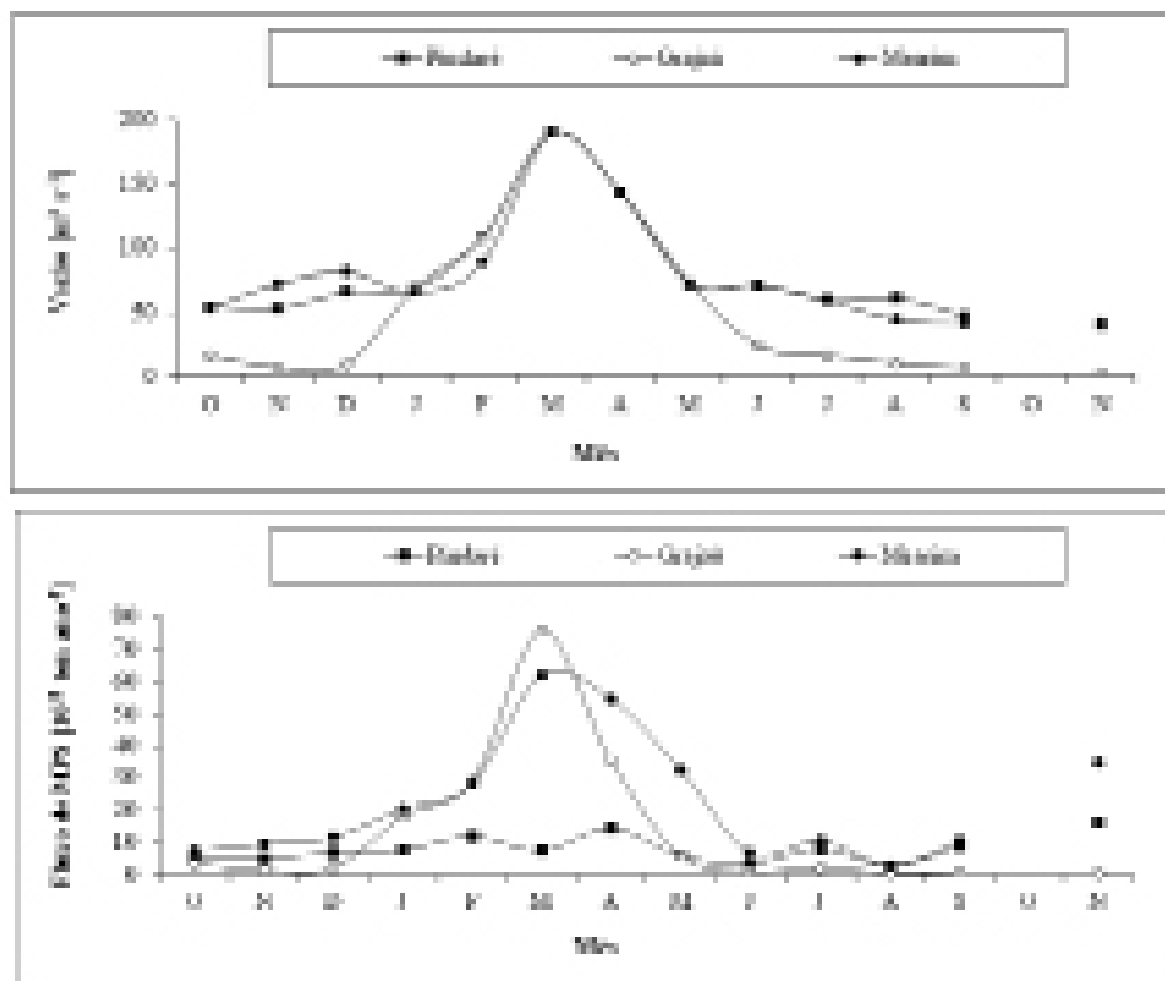


Figura 3. Concentração média mensal da Vazão hídrica ( $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ ) e do fluxo de Material Particulado em Suspensão ( $10^{10} \text{ ton ano}^{-1}$ ) dos Rios Grajaú, Pindaré e Mearim.

Quanto à vazão, os rios apresentam capacidade de descarga semelhante, sendo, portanto, rios de mesmo porte. Os rios Pindaré e Mearim mostram uma aproximação das curvas (Figura 3), evidenciando alta carga de sedimento comparado ao Grajaú. O Mearim apresenta maior extensão e área de bacia, comparado ao Pindaré, passando por maior número de município. Por essa razão, mostra está submetido a tensores ambientais resultante das atividades humanas ali instaladas.

Nos resultados encontrados nas campanhas de amostragem pode-se ver que as estações chuvosas e seca revelam diferentes mecanismos no fluxo de sedimento (Figura 3). A elevação do nível de material em suspensão nos rios é fortemente influenciada pela ação da chuva que faz a lavagem das áreas ribeirinhas, lançando material do solo para dentro dos rios (a jusante do ponto de estudo). O MPS predominante (mais acentuado) é o de superfície, indicando a presença de material fino no MPS, que pode alcançar a área estuarina e ser exportado para a plataforma continental maranhense (área costeira). Mesmo assim o material de granulometria maior vai se depositando ao longo do leito desses rios gerando prejuízos a vida aquática. O MPS do período seco, portanto, diz respeito às condições naturais de intemperismo do ambiente, que depende da formação geológica e de material já existente ali.

Comparando-se os valores encontrados neste trabalho com os de outras bacias de drenagem do Brasil e mundo (Tabela 2), pode-se perceber que o transporte de MPS pelas bacias em estudo é relativamente baixo, quando comparado com a descarga do rio São Francisco, que

é uma referência para a região nordeste do Brasil, que são de 8 a 21 vezes a somatória dos três rios estudados. A importância do estudo dos três rios juntos está no fato deles fazerem parte de um conjunto de bacias de drenagem com estreitamento gradual na região limnética em direção ao estuário do tipo trombetas, portanto, potencializando sua descarga em um único ponto da baía de São Marcos.

De certa forma, a plataforma continental maranhense recebe águas ricas em compostos inorgânicos, sugerindo um favorecimento ao desenvolvimento de biomassa fitoplanctônicas na região, caracterizada como de boa produção pesqueira, uma vez que esta recebe um suprimento de nutrientes dos aportes dessa descarga fluvial, de fontes advectivas, pela ressuspensão de sedimento de fundo do material ali estocado, pelo aporte de sedimento oriundo dos rios, assim como pelo movimento das marés, que são atuantes na região e fazem a movimentação e transporte de outras áreas da costa.

Tabela 2. Comparação da descarga sólida e da degradação de solos em algumas bacias hidrográficas no Brasil e mundo.

RIO	País	Vazão sólida (ton ano <sup>-1</sup> )	Degradação do solo (m/1.000 anos)
Mearim+Grajáu+Pindaré	Brasil	1,3 x 10 <sup>6</sup>	0,04
Amarelo	China	1889 x 10 <sup>6</sup>	1,60
Amazonas	Brasil	363 x 10 <sup>6</sup>	0,04
Bramaputra	Bangladesh	726 x 10 <sup>6</sup>	0,62
Colorado	USA	135 x 10 <sup>6</sup>	0,12
Ching	China	408 x 10 <sup>6</sup>	4,09
Ganges	Índia	1451 x 10 <sup>6</sup>	0,87
Lo	China	190 x 10 <sup>6</sup>	4,18
Me Kong	Tailândia	170 x 10 <sup>6</sup>	0,12
Mississipi	USA	312 x 10 <sup>6</sup>	0,06
Nilo	Egito	111 x 10 <sup>6</sup>	0,02
São Francisco (Manga)	Brasil	21 x 10 <sup>6</sup>	0,07
São Francisco (Morpará)	Brasil	32 x 10 <sup>6</sup>	0,04
São Francisco (Pirapora)	Brasil	8,4 x 10 <sup>6</sup>	0,08
Vermelho	Vietnã	130 x 10 <sup>6</sup>	0,62
Yang Tse	China	499 x 10 <sup>6</sup>	0,15

Fonte: OEA/PLANVASF e Curso de Hidráulica Geral, vol. 2. pág 386, Carlito Flavio Pimenta.

Como efeito negativo do aumento do MPS nos corpos hídricos tem a modificação físico-química e biológica desses ambientes, redução populacional de certos organismos e favorecimentos por sua vez de outros, com crescimento exacerbado, bloqueio da passagem de luz, trazendo grandes prejuízos, com redução da zona fótica, que pode por sua vez produzir mortandade de peixes, redução do oxigênio dissolvido (OD) livre no meio e outros.

A plataforma continental maranhense é suavemente rampeada comparada a outras áreas da costa nordestina e do sul/sudeste do país, que favorece a atividade da maré num fluxo e re-fluxo (as macromarés). É fortemente influenciada pela descarga de águas fluviais dos conjuntos de bacias hidrográficas do Maranhão. Os rios Mearim, Pindaré e Grajaú contribuem de forma significativa com descarga de MPS. Comparando-se ainda com o rio Amazonas (Tabela 2), que descarrega anualmente mais de 360 milhões de toneladas na plataforma amazônica, parece não ser significativo os valores encontrados, entretanto, somados as demais contribuições de outros rios e intensa atividade das marés locais, trazem, por exemplo, sérios transtornos ao canal de acesso do complexo portuário, sendo necessário realizações de batimetria para acompanhar a movimentação e sedimentação e a periódica dragagem da área de manobras de navio, em frente aos portos e no canal de acesso.

As concentrações das descargas de Carbono Orgânico Particulado (COP) se referem a apenas alguns meses do rio Grajaú, Pindaré e Mearim (Figura 4), nos quais foram possíveis fazer a coleta. A interrupção das curvas não permite avaliar a evolução para o restante do período de campanha. Entretanto, as concentrações de COP obtidos, são compatíveis aos observados em outros ambientes tropicais do globo (6-14 mg L<sup>-1</sup>) (DEGENS & KEMPE, 1991). A análise de COP pode ser um razoável parâmetro para avaliação das fontes de matéria orgânica no sistema, sendo necessário, a comparação com mais estudos qualitativos que possam revelar mais informações dessa produção.

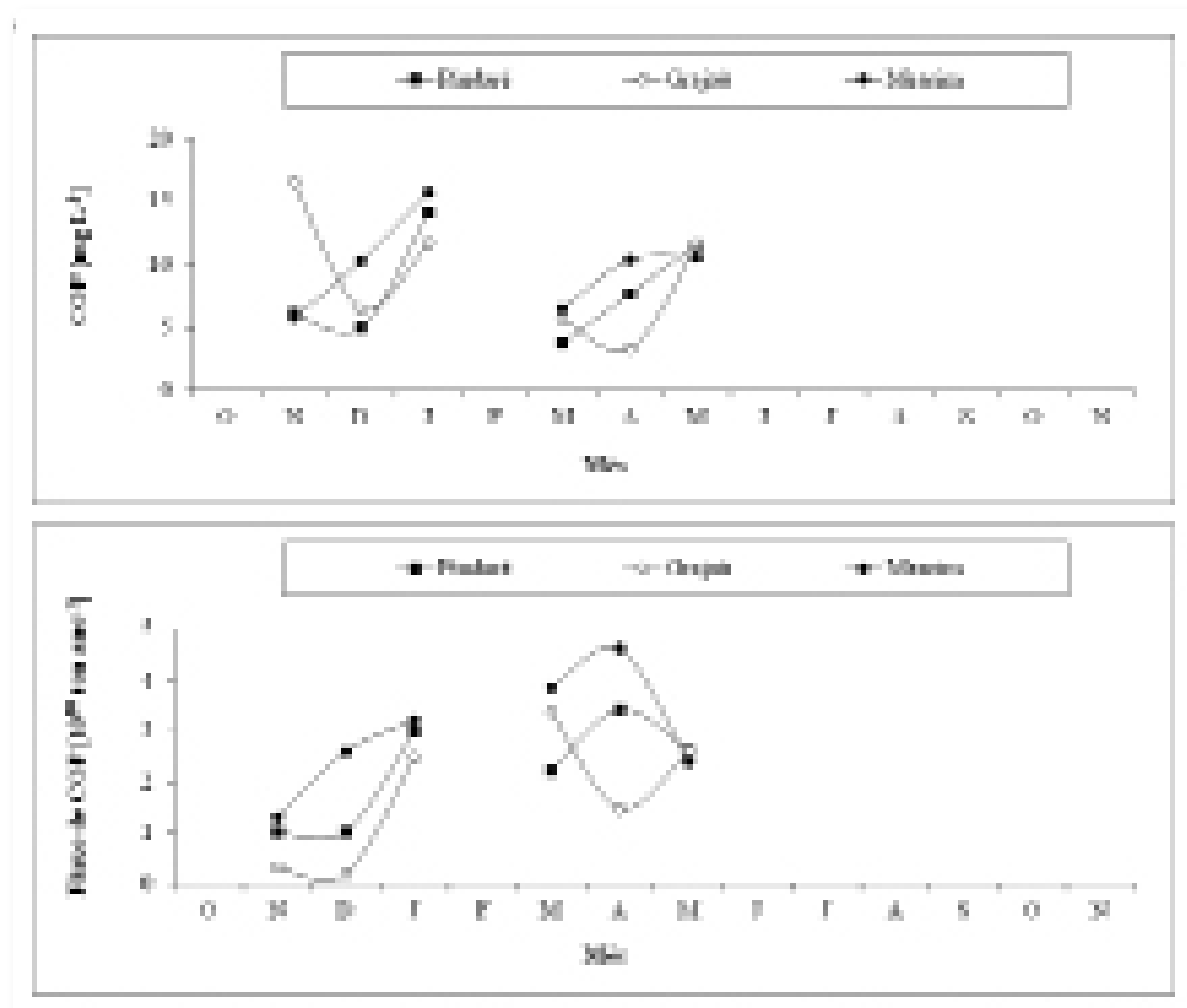


Figura 4. Concentração (mg L<sup>-1</sup>) e fluxo (10<sup>10</sup> ton ano<sup>-1</sup>) médio mensal do Carbono Orgânico Particulado (COP) dos Rios Grajaú, Pindaré e Mearim.

O rio Mearim contribuiu com um fluxo de COP anual da ordem de 45 mil toneladas, considerando para os cálculos, o mês de pico máximo de sedimento. Os rios Grajaú e Pindaré apresentaram um fluxo anual da ordem de 35 mil toneladas, cada (Figura 4). O fluxo de COP do Mearim correspondeu a 7,24% da descarga de MPS, enquanto o Grajaú foi 4,64% e o Pindaré em torno de 27,9%. Como os rios apresentam valores de vazão líquida muito próximo, indicou ser o Pindaré o maior contribuinte de COP para a área estuarina.

Nos resultados de granulometria do MPS (Tabelas 3 e 4), o Mearim e Grajaú apresentaram maiores percentuais de areia (fina, muito fina) comparado ao rio Pindaré. Portanto, uma fração inorgânica maior que a do Pindaré. Os resultados de COP também evidenciam a diferença no estado de preservação destes ambientes, pois mostra que o Pindaré apresenta melhor qualidade ambiental e talvez explica a maior diversidade de peixes comentados por pescadores durante os trabalhos de campo.

O rio Pindaré apresenta amplas planícies ao longo do seu curso com formação de lagos. Isso aumenta a capacidade de retenção e de transformação da matéria orgânica do MPS transportado, tornando pouco eficiente o transporte para a região à jusante e até mesmo para a área estuarina. Talvez estas razões expliquem os melhores resultados de transparência da água encontrados no rio Pindaré e favoreça uma maior densidade de vida aquática, que se constatou com afirmações feitas por pescadores de que este rio é mais rico em peixes (surubim, pial, Curimatá, etc), indicando um melhor estado de preservação.

A descarga elevada de MPS e nutrientes alteram o metabolismo das comunidades estuarinas, o padrão de migração de diversas espécies que utilizam o estuário como berçário e causa desequilíbrio ao Ecossistema Manguezal, uma vez que a fração sílica elevada causa aterramento dessas áreas alagadas, modificando a textura da pasta lamosa e, portanto, alterando a capacidade do ambiente de ser oxiredutor, decaimento da produtividade primária, desestabilização da área costeira e principalmente perda de recursos pesqueiros, que constitui a área de descarga desses rios (SOUZA & KNOPPERS, 1988).

A zona estuarina (área de mangue) representa um dos sítios principais que controla o fluxo e destino da matéria orgânica e demais sedimentos, aprisionando ou exportando através do fluxo e refluxo das marés. A qualidade ambiental e a preservação desse importante ecossistema são de fundamental importância para a regulação quantitativa e qualitativa do MPS, e para o equilíbrio de espécies aquáticas. Sendo assim, a tabela 3 mostrou que o material transportado se compõe predominantemente de areia e denota um estado de preocupação em relação ao rio Grajaú e Mearim, que contribuem com maior carga de sedimento e esse material é altamente prejudicial ao ambiente, pois provoca o aterramento de áreas do mangue, endurecendo a lama, retirando a plasticidade e, dessa forma, a capacidade de captura e inertização de metais pesados e outros compostos advindo das áreas a montante de cada rio.

Tabela 3. Composição dos percentuais de areia x silte+argila dos rios: Grajaú, Mearim e Pindaré no período de novembro de 2004 a novembro de 2005, utilizando o método clássico das peneiras.

AMOSTRA	PESO TOTAL	AREIA (> 63µm)	PERCENTAGEM	
			Areia	Silte + Argila
Grajaú nov/04	0,3396	0,0939	27,65	72,35
Grajaú jan/05	8,3799	5,8435	69,73	30,27
Grajaú mar/05	3,6142	1,7167	47,50	52,40
Grajaú mai/05	2,6555	1,6161	60,86	39,14
Grajaú jun/05	8,6754	8,0937	93,31	6,70
Grajaú jul/05	1,0975	0,7908	72,05	27,95
Grajaú ago/05	6,3599	4,5792	72,00	28,00
Grajaú set/05	1,3155	0,8551	65,00	35,00
Grajaú nov/05	1,7746	1,3046	73,51	26,49
Pindaré mar/05	1,2400	0,6324	51,00	49,00
Pindaré abr/05	1,3354	0,7417	55,54	44,46
Pindaré mai/05	0,6043	0,2113	36,96	65,04
Pindaré jun/05	1,6215	1,0951	67,54	32,46
Pindaré jul/05	0,2877	0,0852	29,61	70,39
Pindaré set/05	0,2199	0,2047	93,09	6,91
Pindaré nov/05	3,7124	2,8214	76,00	24,00
Mearim mar/05	13,3817	6,4087	47,89	52,11
Mearim mai/05	0,3925	0,1198	30,33	69,47
Mearim jun//05	1,3117	0,4385	33,43	66,57
Mearim jul/05	2,2148	1,2403	56,00	44,00
Mearim ago/05	0,3844	0,1975	51,38	48,62
Mearim set/05	2,6512	1,7233	65,00	35,00
Mearim nov/05	2,7599	2,1164	77,77	22,23

Na área estuarina, percebeu-se fortes pressões antrópicas com o crescimento urbano e atividades agrícolas, tais como o plantio de arroz em áreas de alagado na cidade de Arari, criação de búfalos em Vitória do Mearim, Anajatuba e outros municípios. Nas últimas décadas, estas pressões têm sido significativas ao longo de toda a área de domínio das bacias, causando alterações significativas em suas condições naturais.

A tabela 3 mostra a análise do material coletado por rede de arraste para a composição do MPS transportado pelos três rios, que se percebe a predominância de areia (fração sílica). Estes dados foram bem consistentes, o mesmo não aconteceu ao tentar analisar a fração de silte e argila combinando o método clássico das peneiras com o da pipeta, pois este último exige uma quantidade mínima de amostra superior a que se coletou em cada mês e o resultado é que não se pode conhecer essa fração, obtendo somente a classificação do tipo de areia existente. O



resultado obtido pode ser visto também pela Figura 5, que utilizou o programa Sysgran 3.0 e a classificação da fração de areia.

Mesmo não se conhecendo qualitativamente o MPS transportado, os valores da tabela 3, revelam um aporte de sedimento que causará problemas (por exemplo, assoreamento, redução da plasticidade da lama, etc...) ao ambiente estuarino e principalmente costeiro, no decorrer de longo tempo.

A figura 5 apresenta a composição granulométrica do MPS dos rios Grajaú, Pindaré e Mearim em alguns meses analisados através do método clássico das peneiras combinado com o método da pipeta, utilizando o programa Sysgran 3.0. A quantidade de material foi muito pequena para identificação da fração argila-silte, pelo método da pipeta.

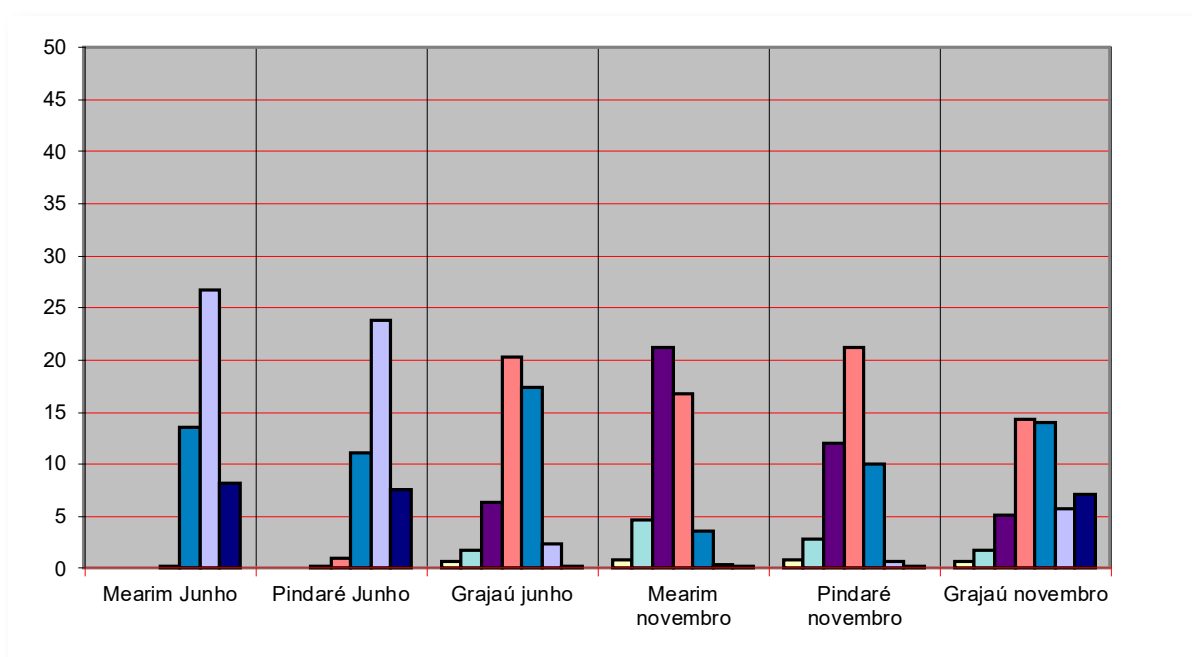


Figura 5. Composição granulométrica do MPS para alguns meses de coleta nos rios Grajaú, Pindaré e Mearim pelo Programa Sysgran 3.0.

A tabela 4 mostra que para o Mearim em junho, predominou a fração areia muito fina ( $\phi$  4,0) e areia fina ( $\phi$  3,5) e um resultado parecido para o rio Pindaré para o mesmo mês. Para o rio Grajaú em junho e para o mês de novembro para os três rios, a fração variou de areia fina a média.

Tabela 4. Classificação granulométrica do MPS de alguns meses dos rios Grajaú, Pindaré e Mearim pelo Programa Sysgran 3.0.

CLASSES	-1,5	-1,0	-0,5	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,5	4,0
Mearim junho	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	26,7	8,1
Pindaré junho	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	1,0	23,8	7,4
Grajaú junho	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,7	1,6	6,3	20,3	2,3	0,2
Mearim novembro	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,8	4,7	21,1	16,7	0,2	0,0
Pindaré novembro	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,7	2,7	12,0	21,1	0,6	0,0
Grajaú novembro	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,6	1,6	5,1	14,3	5,7	7,1

Nos resultados dos parâmetros físico-químicos para corretas afirmações sobre os resultados de pH encontrados, requerem estudos geológicos da composição das rochas que compõem as bacias de drenagem, entretanto os valores encontrados nas amostragens ficaram na faixa de 6 e 9, revelando possíveis associação com formação de rochas carbonatárias (efeito natural no rio). Os valores de condutividade elétrica mostraram variação entre os rios com uma faixa de 80 a 360  $\mu\text{S cm}^{-1}$ , variando entre as estações secas e chuvosas. A condutividade elétrica está diretamente relacionada ao total de sólidos dissolvidos e, por consequência, expressa o intemperismo químico um pouco diferente entre os rios e entre as estações seca e chuvosa.

Os dados apresentados nas figuras 2 e 3 mostram uma elevação significativa da carga de sedimentos no período chuvoso para os rios Grajaú e Mearim, principalmente, que indica que este sistema está mais susceptível aos processos erosivos e de degradação por ação de lixiviação da chuva, que faz a lavagem da bacia a qual estes rios pertencem, cujos índices pluviométricos estão acima de 1.600  $\text{mm ano}^{-1}$ .

Segundo a ANA a rede fluviométrica básica primária do Brasil, do total de 1581 postos (estações fluviométricas), somente 415 faz medidas de descarga sólida em suspensão, ou seja, são sedimentométricas. De acordo com dados fornecidos pela CPRM de Teresina-PI, nos rios estudados estão instaladas 20 estações fluviométricas, sendo 13 no rio Mearim (6 no rio principal e 7 em seus afluentes), 5 no rio Grajaú e 7 no Pindaré (sendo 4 no Pindaré e 3 em seus afluentes), sem confirmação de quantas destas são sedimentométricas. A própria ANA reconhece que o número de estações em todo o Brasil é inferior ao satisfatório e que as medidas não têm a periodicidade desejada para o conhecimento do meio natural (CARVALHO *et al.*, 2000).

A incontestável contribuição da descarga desses três rios para o litoral maranhense, em virtude de sua influência na exportação de nutrientes para a plataforma continental, revela a importância do monitoramento contínuo do MPS transportado, indicando a necessidade de conversão de algumas estações da ANA em Sedimentométricas, para permitir políticas públicas adequada, assim como, intervenções necessárias para assegurar a qualidade ambiental desses ecossistemas.

Analisando os resultados das figuras 2 a 3, percebe-se a confirmação de relação direta entre a elevação do nível dos rios (período chuvoso) com a elevação da carga de MPS transportado, o que indica significativa contribuição de área de solo, devido à atividade antrópica, com a retirada da cobertura vegetal em áreas ribeirinha e notadamente da mata ciliar, produzindo uma paisagem de turbidez elevada no período chuvoso como efeito visual e que desencadeia impactos negativos, atingidos desde a vida aquática (produção primária, reprodução de espécies como peixes) até a beleza cênica das águas da baía de São Marcos, que denotam desvalorização (depreciação) sob o ponto de vista turístico das praias.

O maior contribuinte de carga de MPS enviado em direção à área estuarina no período estudado foi o rio Grajaú, afluente do Mearim, que apresenta em sua bacia maior número de núcleos habitacionais, vila e cidades e talvez maior atividade agrícola, cujos efeitos são mais significativos confirmados pelos pescadores locais, que afirmaram ter muita dificuldade em capturar peixes nesses rios. Convém registrar que se notou durante os trabalhos de campo, a presença de materiais não biodegradáveis sendo transportado em suas águas, tais como: sacos plásticos, PET's, além de carcaças de animais descendo no rio Mearim, comparados aos outros dois estudados.

Outro impacto negativo percebido visualmente está relacionado com a descarga de esgotos sanitários *in natura* no rio Mearim, notado através do desenvolvimento de plantas aquáticas com maior desenvolvimento de biomassa para mesmas espécies comparados nos outros dois rios, confirmando maior carga de nutrientes, que favorecem o processo e que são provenientes de esgotos domésticos ou ainda de atividades agrícolas pelo uso de fertilizantes.

Portanto, os rios Mearim e Grajaú representam um estado de preocupação que exige ações urgentes no sentido de busca de sensibilização das comunidades ribeirinhas quanto à preservação, evitando descarte de lixo no rio e seus contribuintes, evitando a retirada da mata ciliar e exige a busca de ações conjuntas de políticas públicas dos municípios que constituem a área de abrangência dessa bacia.

A necessidade de controle dos impactos negativos a esses ambientes se dar ao fato dos processos serem intensificados em virtude da formação geológica por serem bacias sedimentares (formação barreira e Itapecuru), com solos susceptíveis ao intemperismo (BRASIL, 1991).

Embora os rios ainda apresentem grandes vazões nos períodos chuvosos, notou-se modificações das feições dos leitos dos rios por assoreamento com formação de bancos de areia, desvio do canal e redução da vazão (período de pico de estiagem), que podem interferir no equilíbrio e harmonia da vida aquática.

Desta forma os resultados apresentados representam resultados preliminares que certamente poderão contribuir como parâmetros para novas pesquisas e chamam atenção para adoção de medidas preventivas com o propósito de conter o estado de degradação ambiental, estancando as causas e corrigindo os efeitos através de ações conjuntas (governo e sociedade).

## 4 CONCLUSÃO

Este trabalho representa, portanto, uma tentativa de quantificação dos fluxos de material particulado em suspensão e carbono orgânico particulado nos rios Grajaú, Pindaré e Mearim. Há uma carência muito grande de trabalhos científicos sobre o assunto e principalmente nos corpos hídricos estudados.

Os dados apresentados apenas ajudam a dar um diagnóstico da realidade atual em que se encontram esses ambientes, que são de extrema importância para o Estado do Maranhão, pelo uso múltiplo das águas (recreação, transporte, fonte de alimentos e outros) e acima de tudo, a importância para o abastecimento para consumo humano.

Obviamente, será necessário análises de séries temporais da vazão, assim como, análises sedimentométricas para que se permita a clara distinção dos processos naturais e antrópicos que atuam sobre estes corpos hídricos, e para avaliar a evolução dos aportes de sedimentos, visando garantir a qualidade ambiental.

Atualmente, as leis estão exigindo que os municípios com mais de vinte mil habitantes elaborem seus planos diretores. Um dos pontos prioritários, sem dúvida, deve ser o uso e ocupação do solo, com vista a conter as pressões sobre esses recursos hídricos, definindo área urbana e agrícolas, de forma a delimitar este tipo de expansão, que tem progressivamente aumentado. Ações de preservação e replantio de mata ciliar, saneamento básico, com tratamento de efluentes sanitários para evitar o quadro indesejado de outras bacias de drenagem do sul do país.

O aporte de sedimentos está associado às atividades humanas, haja vista o crescimento do pico de descarga no período chuvoso, evidenciando a retirada da cobertura vegetal da área de influência destas bacias de drenagens e, portanto, deixando o solo destes ambientes expostos às ações das chuvas intensas que caem na região. Sabe-se que a cobertura vegetal protege o solo contra erosão pluvial, aumentando a evapotranspiração e a infiltração, diminuindo o escoamento superficial, pois parte da água da chuva não chega a atingir o solo, sendo interceptado pela folhagem e evaporada diretamente, e a outra parte escoada pelos ramos e troncos, descendo lentamente até o solo para se infiltrar. Neste aspecto as florestas, por exemplo, se tornam mais

eficientes na proteção que uma cobertura de vegetação rasteira. Em face disto, pode-se plantar árvores frutíferas como manga, goiaba, caju, pequi, etc, em pontos críticos e como mata ciliar ao invés de outros tipos de madeiras, por fazer a função desta e oferecer frutos para usuários destas vias de transportes, pescadores e agricultores em geral.

A ANA possui em funcionamento várias estações sedimentométricas em outras bacias hidrográficas que permite a consulta de dados sobre material em suspensão e avaliar a evolução e a interferência pela atividade humana na região onde está instalado esse tipo de estação. O mesmo não acontece nas bacias estudadas, pois estas são apenas fluviométricas e medem somente a vazão líquida. Portanto, a conversão de algumas destas vinte estações existentes em sedimentométricas ofereceriam dados mais consistentes para elaboração de trabalhos e diagnósticos da qualidade ambiental destes ambientes. A reativação da sede da CPRM no maranhão, ou o envio para um banco de dados no estado (na UFMA ou UEMA, por exemplo), seria uma outra maneira de acompanhar o estado de preservação, pois embora sendo possível acessar via internet no sítio da ANA, os dados levam um tempo demasiadamente grande para estarem a disposição para consulta e são enviados para a CPRM do Estado do Piauí.

Estudos mais detalhados também são obviamente necessários para compreensão da componente de contribuição do MPS para a caracterização da cor parda que confere, por exemplo, pouca beleza cênica, desfavorecendo a atividade do turismo na região comparada as águas verdes do litoral de outros estados nordestinos. Também, entende-se de importância, a participação do complexo portuário, através das empresas que operacionalizam a movimentação de cargas em projetos de educação ambiental e preservação das bacias de drenagem, pois estas gastam muito dinheiro com dragagem do canal de acesso, cuja contribuição do aporte de sedimento é significativa, principalmente, dos rios estudados.

Diante da complexidade do estudo dentro da geoquímica para entendimento da problemática do transporte de sedimento, certamente os dados deixam lacunas a serem preenchidas com novos estudos mais detalhados. De qualquer forma, os dados aqui apresentados mostram a necessidade de preservação destes ambientes em face da importância regional que eles representam.

## REFERÊNCIAS

ADAMS, W.J.; KIMERLE, R.A.; BARNETT Jr, R. A. (1992). Sediment Quality and Aquatic Life Assessment Environ. Sci Technol., 26: 1865-1875.

ANA - Agência Nacional de Águas (2006). <http://www.ana.gov.br>. Acesso em: 01/09/2006.

BRASIL. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Turismo. **Diagnóstico dos principais problemas ambientais do Estado do Maranhão**. São Luis 1991.

BRASIL. MINISTÉRIO DA MINAS E ENERGIA. Programa levantamentos geológicos básicos do Brasil: Folha São Luís e Folha Cururupu. CPRM: Brasília. 1994.

BRIGANTE, J. Espíndola, E. L. G. Limnologia Fluvial - Um Estudo do Mogi-Guaçu. RiMA. São Carlos SP. 2003. 278p.

BUTCHER, S.S.; CHARLSON, R.J.; ORIAN, G.H.; WOLF, G.V. Global biochemiste Cycles. San Diego, CA: Academic Press, 1992.

CAMERON, W. M.; PRITCHARD, D. W. (1963). Estuaries. in HILL, M. N. (ED) The Sea. New York, Wiley Intercience, P: 3006-332.

- CARMOUZE, J.P. O Metabolismo dos Ecossistemas Aquáticos. São Paulo. Ed. Edgard Blucher/FAPESP, 1994. 253 p.
- CARVALHO, Newton de Oliveira. Hidrossedimentologia prática. Rio de Janeiro:CPRM, 1994. 372p. il.
- CARVALHO, Newton de Oliveira et al. Guia de práticas Sedimentométricas. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica. Superintendência de Estudos e Informações Hidrológica, 2000. 150 p.
- DEGENS, E.T.; KEMPE, S.; RICKEY, J.E. Biogeochemistry of major world rivers. (SCOPE; 42). John Wiley & Sons. New York. USA. 1991. 355p.
- FORSTNER, U.; WITTMANN G. (1979). Metal Pollution in the Aquatic Environment. 2ª Ed. Springer-Verlag, Berlin, 486p.
- GAUDETTE, H.E.; FLIGHT. W.R.; TONER, L.; FOLGER, D.W. 1974. **An inexpensive titration method for the determination of organic carbon in recent sediments.** Journal Sedimentary Petrology. 44 (1): 249-253.
- HAY, W. W. Detrital Sediment fluxes from continents to oceans. Chem. Geol., 1998. p. 287-323.
- LOPES, Raimundo. Uma região tropical. Editora Fon-Fon e Seleta, Rio de Janeiro, 1970.
- MARANHÃO. Gerência de Estado de Planejamento e Desenvolvimento Econômico. Laboratório de Geoprocessamento. Universidade Estadual do Maranhão. Atlas do Maranhão. 2. ed. 38 p.
- MARANHÃO. Governo do Estado do Maranhão. Secretaria de Planejamento. Maranhão: Informações Básicas. 1983.
- MOREIRA, F. M. Et al. Análise de consistência de dados fluviométricos. Água em Revista. Revista Técnica e Informativa da CPRM. Ano IV, n. 7, maio/1996.
- MULDER, T.; SYVITSKY. J.P.M. Climatic and morphologic relationships of rivers. Implications of sea level fluctuations on river loads. J. Geol. 1996. p. 509-523.
- ODUM, E. P. Ecologia, Rio de Janeiro. Guanabara AS. 1988.434p.
- REVISTA SANEAMENTO. Bacia do rio Mearim- características físicas e condições de navegabilidade. Rio de Janeiro. Nº52 (jul-dez). 1978.
- RIO-AGENGA 21. CONFERENCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Agenda 21.** Rio de Janeiro. 1992.
- STANDARD METHODS. APHA-AWWA-WPCF. 15. ed. 1981.1134p.
- SOUZA, W. F. L.; KNOPPERS, B. Fluxos de água e sedimento a costa leste do Brasil: Relações entre Tipologia antrópicas. Geochim. Brasil, 17(1) 057-074. 2003.
- SUDENE/PROSPEC.S.A. Hidrologia: Levantamentos Básicos Integrados de Recursos Naturais da Bacia do rio Mearim/MA. Recife. 1978112p.
- VIDAL, et al. Caminhos do Carbono em Ecossistemas Aquáticos Continentais. In: Lições de limnologia. São Carlos: RiMa, 2005. p. 193.



## CAPÍTULO 10

# FAUNA ACOMPANHANTE DO SISTEMA DE PRODUÇÃO PESQUEIRA “PESCADA AMARELA” *CYNOSCIONACOUPA* - (PISCES: SCIANIDAE, LACEPÉDE 1802) DESEMBARCADA NA PRAIA DO ARAÇAGI, ÁREA DO LITORAL DA ILHA DO MARANHÃO, BRASIL: SUBSÍDIOS PARA SUA CONSERVAÇÃO.

Carla Maria Erre Araújo; Walter Luís Muedas Yauri; Lanna Fernanda Santos Menezes; Antonio Carlos Leal de Castro.

## 1. INTRODUÇÃO

A pesca desde os primórdios da civilização vem atuando como componente fundamental para a alimentação humana. É uma das atividades de maior fonte de proteína e subsistência gerando estreita relação e constante interdependência. A Revolução Industrial (1760-1840), provocou grandes mudanças nesta relação, pois originou várias modificações tecnológicas, devido à mecanização da produção na exploração destes recursos, acarretando grande impacto nos processos produtivos. Por outro lado, a ampliação do mercado consumidor influenciou o desenvolvimento do comércio e passou a determinar o ritmo da pesca. Este progresso econômico-tecnológico e social constituiu um importante marco no desenvolvimento da pesca. O nível de avanço tecnológico e as exigências do crescimento demográfico mudou então por completo esta relação do homem com a natureza.

O *saber-fazer*, baseado no conhecimento tradicional sobre a dinâmica dos oceanos e no ciclo de vida dos recursos pesqueiros, suficiente para produzir uma quantidade de pescado necessária à subsistência das comunidades produtoras e até mesmo sua inserção nos mercados locais, vem sendo substituído pelo saber-usar instrumentos tecnológicos, pelo *saber-ler* Figuras, pelo *saber interpretar* informações, saberes requeridos pela necessidade de produção em larga escala. Explícita-se, assim, a completa separação entre os seres humanos e os recursos pesqueiros (natureza) que, há muito, marcava outros setores da vida humana. A natureza de provedora de subsistência passa a ser “produtora” de bens de consumo de origem marinha (MARRUL FILHO, 2001).

Este processo iniciado com a Revolução Industrial suscitou condições para o desenvolvimento do modo de produção capitalista na atividade pesqueira, levando à diminuição na densidade dos recursos pesqueiros e no tamanho dos indivíduos capturados, ressaltados pelos pescadores como comprovantes de uma crise nesse setor.

O excesso de capacidade de pesca, além de ser a face mais visível da crise, é a mais ameaçadora da viabilidade da exploração dos recursos pesqueiros.

No Brasil esta situação confirma-se pelo nível de sobre pesca em que se encontra a grande maioria dos recursos pesqueiros. Estudos afirmam que na crise da pesca mundial, cerca de 75% dos principais recursos encontram-se plenamente explorados ou sob excesso de exploração, ou até esgotados, ou se recuperando de tal nível de utilização. No caso da pesca brasileira, os principais recursos nessas condições ficam acima de 80% (DIAS NETO, 2002).

No Maranhão a pesca é realizada de forma artesanal e tem finalidade comercial. Esta pesca artesanal utiliza embarcações de médio porte, com propulsão motorizada ou não, também não existe nenhuma sofisticação nos petrechos e insumos utilizados, tudo adquirido em comércio local.

O Sistema de Produção Pesqueira Pescada Amarela (SPPPA) possui grande representatividade no Estado do Maranhão, devido ao grande número de pescadores que utilizam o malhão como petrecho. A espécie alvo do Sistema é a “pescada amarela” (*Cynoscionacoupa*; Lacépède, 1801), muito embora nesta pescaria há ocorrência de outras espécies caracterizadas como fauna acompanhante.

A pesca da “pescada amarela” exerce grande importância econômica no litoral maranhense, com centenas de barcos trabalhando continuamente na costa, sendo também responsáveis pela captura não-intencional de algumas espécies sem valor comercial (fauna acompanhante). Para conhecer a composição e quantidade das capturas, em razão da sustentabilidade desses estoques atingidos na pesca, faz-se necessário uma investigação. A captura de fauna acompanhante pode afetar a estrutura e função de sistemas marinhos ao nível de populações, comunidades e ecossistemas, podendo ser considerada ameaça ambiental.

## 2. Objetivos:

### 2.1 Geral

Investigar a fauna acompanhante do Sistema de Produção Pesqueiro Pescada

Amarela desembarcada na praia do Araçagi para ampliar conhecimentos sobre sua composição e gerar informações sobre sua sustentabilidade, bem como propor subsídios para sua conservação.

### 2.2 Objetivos específicos

- Estimar índices de abundância/espécie/captura da fauna acompanhante e do recurso alvo;
- Determinar a frequência de ocorrência dos indivíduos por espécie;
- Analisar a captura do recurso alvo sobre a fauna acompanhante (comparar os índices de captura);
- Revisão de Literatura



### 3.1 Os cenários da pesca

As capturas globais de peixes marinhos cresceram cinco vezes entre 1950 e 1989. No entanto, muitos dos estoques de peixes do mundo estão hoje no ponto de sobre-exploração ou próximo dele. Os exploradores, por outro lado, querem evitar a sub exploração. Não é fácil percorrer o estreito caminho entre sub e sobre-exploração. Espera-se de uma política de governo que combine o bem-estar da espécie explorada, o lucro da empresa exploradora e a continuidade de emprego para a força de trabalho, bem como os estilos de vida tradicionais, os costumes sociais e a biodiversidade natural (TOWNSEND, BEGON & HARPER, 2006, p.452).

Dias-Neto & Dornelles (1996 apud DIAS NETO, 2002, p.6) evidenciaram que:

- I) a pesca nacional está colocada entre as quatro maiores fontes de fornecimento de proteína animal para o consumo humano. A produção oriunda do mar contribuiu, no período de 1975 a 1994, com um mínimo de 67,7% e um máximo de 85,2% da produção total de pescado do Brasil. Por sua vez, as últimas estimativas apontam que o setor contribui para a geração de 800 mil empregos diretos e é composto por um parque industrial que integra mais de 300
- II) empresas. O mesmo não se pode dizer quando se considera essa atividade como geradora de emprego e de alimentos para um expressivo contingente de brasileiros que vive no litoral e áreas ribeirinhas. Quanto à crítica situação dos estoques, estudos afirmam que se na crise da pesca mundial cerca de 75% dos principais recursos encontram-se plenamente explorados ou sob excesso de exploração ou até esgotados ou se recuperando de tal nível de utilização, no caso da pesca brasileira os principais recursos nessas condições ficam acima dos 80%.

Em meio às contradições que a evolução da pesca gerou, muitos pesquisadores buscam estudar e entender as consequências das diferentes estratégias de exploração, sabendo que não é possível a preservação integral devido às dinâmicas da vida econômica e do desenvolvimento, porém buscar equilíbrio nestas dimensões.

### 3.2 Atividade pesqueira e fauna acompanhante

As artes de pesca são ajustadas ao tamanho corporal e ao comportamento de determinadas espécies-alvo nas pescarias e também ao tipo de habitat onde essas espécies vivem, porém perdem seu caráter seletivo no momento em que as artes varrem os ambientes e capturam indiscriminadamente.

“A captura incidental pode ser descartada no mar ou aproveitada, dependendo do valor econômico dessa captura em relação com a disponibilidade de espaço de armazenamento a bordo do barco de pesca. No caso de uma espécie comum vulnerável à arte de pesca utilizada, a captura incidental da espécie pode ser um fenômeno habitual na pescaria em questão. No sul do Brasil, exemplos de pescarias com a captura incidental e habitual de elasmobrânquios são a captura de cações-anjo na pescaria do peixe-sapo *Lophius gastrophys* com redes de emalhe na plataforma externa, e a captura de neonatos do tubarão-martelo-entalhado *Sphyrba lewini* na pescaria da corvina *Micropogonias furnieri* com redes de emalhe de fundo nas águas litorâneas” (HAZIN e HAZIN, 2001 apud VOOREN; KLIPPEL, 2005 p.217).

Este fenômeno pode ter um caráter misto e oportunista e significar lucro, mas também gerar grandes prejuízos ecológicos para os indivíduos.

Na gestão pesqueira para a conservação de elasmobrânquios, a pescaria mista e a pescaria com captura incidental constituem em conjunto o problema único das pescarias que capturam elasmobrânquios junto com outros peixes que são o alvo principal da pescaria. Porém, esses dois tipos de pescaria diferem com relação às ações necessárias para a conservação da biodiversidade. O impacto das pescarias direcionadas a certas espécies de peixes ou invertebrados e que capturam elasmobrânquios incidentalmente, permanece restrito a uma certa parcela da fauna regional, enquanto o impacto das pescarias mistas incide sobre a fauna regional de peixes como um todo. Este impacto das pescarias mistas deve-se ao uso do arrasto de fundo nessas pescarias (VOOREN; KLIPPEL, 2005 p.218).

### 3.3 Os recursos que compõem uma pescaria: ocorrência, categorias biológicas e estratégias reprodutivas.

Os indivíduos desenvolvem várias estratégias de adaptação para sua sobrevivência, utilizam os ambientes de diferentes formas para reprodução, alimentação, crescimento, e em diferentes fases da vida.

Com base no comportamento das espécies relacionado ao padrão de distribuição espacial, ciclo reprodutivo e migração, são sugeridos para os peixes estuarinos da Ilha de São Luís quatro categorias bioecológicas, seguindo uma classificação semelhante adotada por POTTER et al (1997) para peixes estuarinos.

- 1) **Espécies migrantes-marinhas – são as espécies que ocorrem ocasionalmente na região estuarina, apresentando baixa regularidade ao longo do ano e pouca abundância.**
- 3) **Espécies estuarino oportunistas – são aquelas espécies tipicamente marinhas que entram nos estuários onde completam apenas uma etapa do ciclo de vida, utilizando este como área de alimentação ou de reprodução.**
- 4) **Estuarino-residentes – são as espécies que efetuam todo o ciclo de vida nos estuários utilizando a região estuarina como área de alimentação, reprodução e crescimento.**
- 5) **Espécies de água doce – são aquelas que se mantêm na maior parte do ano próximas às desembocaduras dos rios, mas que ocasionalmente são capturadas em locais com alta salinidade.**

Com relação à reprodução, os organismos desenvolvem estratégias e o conhecimento dessas estratégias é muito importante pois, de acordo com essas estratégias, os organismos respondem de modo muito diferentes às pressões de exploração.

Segundo a teoria da dinâmica populacional como fator de seleção natural dos animais, existem dois tipos de estratégia de vida:

A estratégia r é aquela das espécies com a capacidade de rápido crescimento populacional. Quando um fator ambiental reduz a abundância da população de uma espécie r-estrategista, a população mobiliza imediatamente sua elevada capacidade de crescimento e com isto, repõe

rapidamente a perda populacional que ocorreu. Correlatos típicos da estratégia-r são: pequeno tamanho corporal, alta taxa de mortalidade natural e, portanto, curta duração de vida, maturidade sexual cedo na vida, e alta fecundidade da fêmea reprodutora.

A estratégia-K é aquela das espécies cuja taxa de crescimento populacional é baixa em qualquer nível da abundância da população, sem a capacidade de uma forte e rápida resposta a variações da abundância da população. Quando um fator ambiental reduz a abundância da população de um espécie K-estrategista, a população precisa de um longo tempo para voltar a sua abundância anterior, porque ela não possui a capacidade para repor rapidamente a perda populacional que ocorreu. Se aquele fator continuar atuando, a população continua declinando até a extinção. Correlatos típicos da estratégia-K são: grande tamanho corporal, baixa taxa de mortalidade natural e, portanto, elevada longevidade, maturidade sexual tarde na vida, e baixa fecundidade da fêmea reprodutora.

À luz da teoria dessas duas estratégias de vida, constata-se que os elasmobrânquios em geral são K-estrategistas (HOENING; GRUBER, 1990). Fica assim explicado porque na intensiva piscicultura, peixes elasmobrânquios tendem a declinar até a extinção enquanto certas espécies de peixes ósseos permanecem abundantes e sustentam a pescaria (CAMHI et al., 1998; MUSICK et al., 2000). Porém, entre os peixes ósseos existem também espécies que respondem à pesca intensiva da mesma maneira como o fazem os elasmobrânquios.

### 3.4 A conservação dos recursos naturais

De acordo com TOWNSEND; BEGON; HARPER (2006:) um objetivo básico da conservação é evitar que as espécies sejam extintas, regional ou globalmente e estabelece critérios para medir quando uma espécie apresenta probabilidades de extinção como segue:

*Vulnerável:* se existe uma probabilidade de 10% de que ela será extinta nos próximos cem anos,

*Em perigo:* se a probabilidade é de 20% nos próximos 20 anos ou em dez gerações, considerando-se a de maior duração, e

*Criticamente em perigo:* se o risco de extinção for igual ou superior a 50% nos próximos 5 anos ou nas duas próximas gerações.

Os recursos devem ser utilizados de maneira sustentável para que não danifiquem as espécies e comunidades, pois as consequências atingem todos que do planeta fazem parte.

## 4 Metodologia

### 4.1 Área de estudo

A área de estudo para a realização do presente trabalho é na localidade de Mangue Seco, praiado Araçagi, no Golfão Maranhense, Baía de São Marcos, município de São Luís, está situada entre a Latitude  $-2.452780^{\circ}$  e Longitude  $-44.159322^{\circ}$  (Fig. 1).

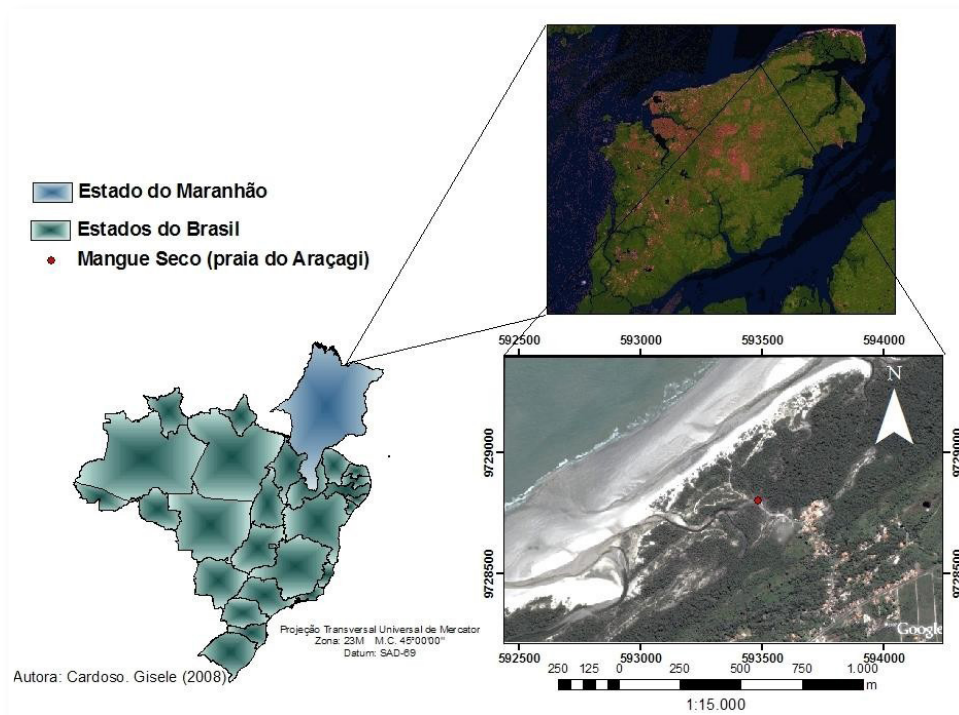


FIGURA 1 – Mapa da localização geográfica da praia de Mangue Seco/praiado Araçagi, Ilha do Maranhão, Brasil.

A área de pesca compreende uma parte no Golfão maranhense estando situada entre a latitude de  $2^{\circ}27'09.60''S$  e longitude  $44^{\circ}09'38.54''O$ .

### 4.2 Coleta e análise dos dados

#### 4.2.1 Caracterização da pesca no SPPPA

O levantamento e caracterização da fauna acompanhante do Sistema foi realizado através do acompanhamento de desembarques diários na praia do Araçagi, na localidade Mangue Seco, no período de janeiro a setembro de 2008.

A ocorrência das espécies desembarcadas foi registrada por nome e quantidades com seus respectivos pesos e comprimentos totais.

Os pescadores e mestres de pescaria responderam a um questionário sobre a pesca em geral e comercialização da espécie alvo e da fauna acompanhante.

#### 4.2.2 Composição da pesca do SPPPA e sua biodiversidade

A classificação taxonômica da fauna acompanhante e do recurso alvo foi baseada em FIQUEIREDO; MENEZES (1977, 1978 e 1980).

Análises estatísticas para aferir a fauna acompanhante da *Cynoscion acoupa* (pescada amarela) na praia do Araçagy/ Mangue Seco- grau de dependência e associação de ocorrência nas pescarias do SPPPA

##### a) Correlação

No presente trabalho a correlação foi utilizada no par: (Pescada amarela/*Cynoscion acoupa*; Arraia bicuda/*Dasyatis guttata*) a fim de comparar a distribuição e ocorrência destas duas espécies na pescaria.

Em estatística, existe uma **correlação** entre duas variáveis quando uma delas está relacionada com a outra de alguma maneira (TRIOLA, 2006). Para estudar a correlação usa-se um diagrama de dispersão (um Figura) e o coeficiente de correlação linear (uma medida da direção e intensidade da associação linear entre duas variáveis).

##### b) Teste de Qui-Quadrado

Para este trabalho a hipótese principal é a de que as espécies que atuam como fauna acompanhante da *Cynoscion acoupa* (pescada amarela), em termos de composição de pesca, estão sofrendo impacto em seus estoques através das capturas na mesma proporção da "pescada amarela" através de uma relação de ocorrência na pescaria. A prova do Qui-Quadrado decidiu-se os dados observados se ajustam bem a tal expectativa.

Foi utilizado o Teste de Independência. Um teste de independência serve para ajudar a decidir se duas variáveis estão ou não "amarradas" uma à outra por uma relação de dependência. Neste trabalho a variável principal de comparação é a *Cynoscion acoupa*/"pescada amarela", com ela foram relacionadas todas as outras espécies que ocorreram na pescaria durante o período de janeiro a setembro de 2008.

**Registro dos índices de abundância, participação por desembarque, e a frequência de ocorrência dos indivíduos por espécie.** - a cada desembarque os indivíduos e a quantidade destes, capturados por espécie, trabalhados em Excel 2007.

#### 4.2.5 Frequência de ocorrência das espécies no ambiente

Foi calculada a proporção entre o número de coletas contendo uma dada espécie e o número total de coletas efetuadas, obedecendo a nomenclatura empregada por BATISTA; REGO (1996), com a seguinte classificação:

- Altamente constantes- espécies presentes entre 70 e 100% das amostras;
- Constantes- 50 e 75%;
- Moderadas- 30 e 45%;
- Pouco constantes- 10 e 29%;
- Raras- menos de 10%.

4.2.5 CPUE (Captura por Unidade de Esforço) e maturidade sexual das espécies que demonstraram maior grau de associação com o recurso alvo do SPPPA

Para análise de CPUE foi utilizado como unidade de esforço registros dos números de desembarques, dias de pesca e capturas por desembarque do recurso alvo das espécies mais representativas da fauna acompanhante.

Para estimar maturidade sexual, durante os desembarques, foram avaliados peso e comprimento total (do focinho até o final da nadadeira caudal) com um ictiômetro para comparar com os dados de maturidade sexual da literatura científica e de outros trabalhos realizados, das espécies em questão (*Cynoscion acoupa*, *Dasyatis guttata*, *Hexanematichthys parkerii*) e verificar a época de desenvolvimento em que estão sendo capturados.

## 5 Resultados e Discussão

### 5.1 Caracterização da pesca

Foram registrados 885 desembarques, no período de janeiro a setembro de 2008. Na rotina dos desembarques, os pescadores dão prioridade ao recurso alvo do Sistema que possui maior valor econômico nessa pescaria.

As embarcações utilizadas na praia do Araçagi abrangem uma frota de 16 barcos, onde apenas 12,5% são embarcações motorizadas de 11/13HP e 87,5% são embarcações a vela (bianas) de até 7,5m de comprimento. Estas embarcações têm autonomia de até três dias no mar e suportam uma tripulação com 2 ou 3 pescadores. A estrutura é de madeira e capacidade de carga é em média de 500kg.

A arte de pesca utilizada nas capturas é a rede de emalhar (pescadeira), confeccionada com fiode seda nº33, 36 e 46 (sedão) ou grilon nº100 (nylon). O tamanho de abertura das malhas variade 12 a 20cm, entre os nós opostos e de 500 a 800 braças (750 a 1.200 m) de comprimento e 3 a 3,5 braças (4,5 a 5,25 m) de altura (fig. 2 e 3).



**Figura 5.1** – Arte de pesca, pescadeira, utilizada pelos pescadores da praia do Araçagi/ Mangue Seco.



**Figura 3** – Pescadeira, tamanho nó a nó.

A rede no mar fica à deriva de meia água e de fundo, fica suspensa a uma profundidade de 10 braças (15-20 m) sujeita a bóias quadradas chamadas de “filames”, pesos de chumbo são dispostos na parte inferior para manter a rede no sentido vertical.

São efetuados até três lances com uma duração de 6 horas para cada lance (fig. 4).

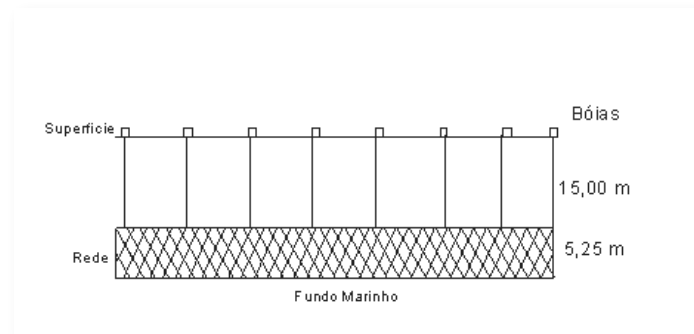


Figura 4 – Rede de emalhar malhadeira

Esta rede deriva livremente à mercê das correntes, sempre no fundo e em conjunto com a embarcação a que se encontra amarrada através de um cabo de nylon no entalhe superior da rede. São armadas de maneira que se mantenham na água, formando uma barreira perpendicular ao sentido de deslocamento dos cardumes. É presa em uma das extremidades por um cabo e fixada ao barco, o recolhimento da rede é feito manualmente por dois ou três pescadores, cada um em uma extremidade da rede, um dos pescadores fica responsável pela retirada dos peixes que ficam entre as malhas. O peixe é retirado da malha e acondicionado em caixa de isopor com gelo. Se ao primeiro lance vem pescada os pescadores já retornam para casa. Caso não haja captura eles permanecem em busca de outras tentativas.

## 5.2 Composição e biodiversidade de espécies na fauna acompanhante do SistemaPesqueiro Pescada Amarela

A composição da fauna acompanhante do Sistema de Produção Pesqueira Pescada Amarela desembarcada na praia do Araçagi/Mangue Seco consistiu de 24 espécies distribuídas em nove ordens, 21 gêneros e 17 famílias, o que pode ser visualizado nas tabelas 1 e 2.

O recurso alvo do Sistema – *Cynoscion acoupa* – foi a espécie mais abundante nas capturas, compreendeu 69,4% das capturas. No entanto, com respeito à fauna acompanhante a espécie mais abundante foi a *Dasyatis guttata* (arraia bicuda) contemplando 17,5% das capturas. As outras espécies envolvidas na pescaria compreenderam 13% das capturas.

A frequência de ocorrência absoluta nos desembarques mensais para cada espécie durante o período estudado é apresentada na Tabela 1.

TABELA 1 – frequência de ocorrência absoluta dos desembarques para cada espécie nos diferentes meses de pesquisa.

ESPÉCIE \ MÊS	J	F	M	A	M	J	J	A	S	TOTAL
<i>Cynoscion acoupa</i>	18	53	79	52	76	69	68	47	44	506
<i>Dasyatis guttata</i>	12	16	24	14	12	6	16	4	5	109
<i>Hexanematichthys parkeri</i>	2	2	3	9	7	9	7	5	3	47

<i>Hexanematichthys proops</i>	1	4	2	4	9	10	4	3	5	42
<i>Cynoscion microlepidotus</i>	2	4	4	2	5	6	10	1	5	39
<i>Centropomus undecimalis</i>	7	2	3		2	4	4	2	1	25
<i>Lobotes surinamensis</i>	4	2	5	2	2	3	1	1		20
<i>Carcharhinus porosus</i>			3	3	3	5	3			17
<i>Rhinoptera bonasus</i>			3	4	4	2	2		1	16
<i>Aetobatus narinari</i>			1	10	1			1	2	15
<i>Notarius grandicassis</i>		1	3		1	1		1	1	8
<i>Caranx latus</i>		1				3	1	1	2	8
<i>Megalops atlanticus</i>			1	1	1		3			6
<i>Cynoscion steindachneri</i>			1		2	1	1			5
<i>Chaetodipterus faber</i>					1	1			2	4
<i>Bagre bagre</i>	2								1	3
<i>Ginglymostoma cirratum</i>		2	1							3
<i>raia lixao</i>			1	1				1		3
<i>Etropus crossotus</i>	1		1							2
<i>Gymnura micrura</i>					2					2
<i>Eugerres brasiliensis</i>		1								1
<i>Micropogonias furnieri</i>		1								1
<i>Pristis perotteti</i>				1						1
<i>Epinephelus itajara</i>						1				1
<i>Batrachoides surinamensis</i>									1	1
TOTAL DE DESEMBARQUES	49	89	135	103	128	121	120	67	73	885

A “pescada amarela” (*Cynoscion acoupa*) nas capturas, participou em 57,17% dos desembarques, sugerindo que esta modalidade de pesca, na praia do Araçagi, poderia ser de caráter altamente seletivo no que tange a seu objetivo de captura. Mas as correlações de captura permanecem muito parecidas entre as espécies como um todo sugerindo um comportamento de pesca muito parecido sobre as espécies mais ocorrentes dentre as “acompanhantes” da “pescada amarela”. As perturbações ou impactos que vierem atingir o recurso alvo poderão, de forma acidental (não intencional), propagar-se sobre muitas espécies da fauna acompanhante (Fig. 5).



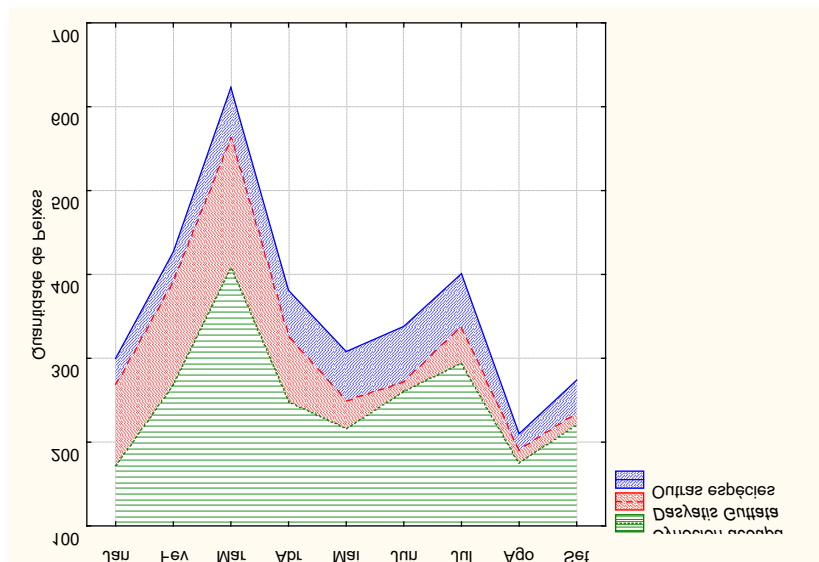


Figura 5 – cenário da quantidade de peixes capturados e proporção entre o recurso alvo da pescaria, a espécie mais abundante da fauna acompanhante (arraia bicuda) e as outras espécies envolvidas na pescaria no período de janeiro a setembro de 2008.

Do ponto de vista ecológico, a captura de fauna acompanhante pode representar um risco potencial ao equilíbrio ambiental (GRAÇA LOPES, 2002).

Apesar da riqueza e biodiversidade das espécies envolvidas na composição desta pesca, ao longo dos meses de pesquisa, a participação de cada uma revela que algumas espécies são de ocorrência constante enquanto outras acontecem ocasionalmente, esta sazonalidade pode ser visualizada na figura 6.

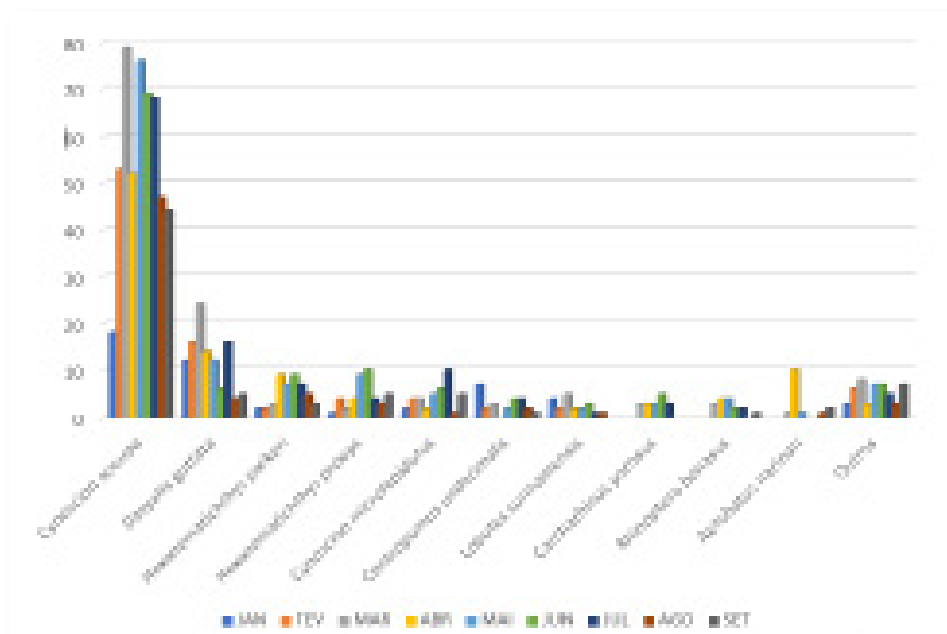


Figura 6 – Ocorrência das espécies envolvidas na pescaria da pescada amarela no período de janeiro a setembro de 2008. A altura das colunas é proporcional ao número de participação das espécies por mês nos desembarques.

A fauna ictiológica é composta por uma grande quantidade de espécies, o que torna o ecossistema marinho rico em diversidade. Essa riqueza, segundo Day Jr. et al (1989) se deve à dinâmica entre as populações que fazem parte do estuário ou que utilizam o ambiente em algum estágio do seu ciclo de vida. As estratégias do ciclo de vida e a grande variação das condições

ambientais presentes nos estuários, fazem com que a ictiofauna presente nestes ambientes apresente grande flutuação, maiores do que as encontradas em ambientes mais estáveis como a das regiões litorâneas ou recifes de coral (LOWEMCCONNELL, 1999).

Na tabela 3 pode-se observar a classificação ecológica das espécies envolvidas na pescaria da *C. acoupa*.

Tabela 2- Representação de categorias bioecológicas das espécies do SPPPA desembarcadas na praia do Araçagy/Mangue Seco, Ilha do Maranhão- Brasil.

Categoria bioecológica	Espécies
Migrantes-marinhas	<i>Dasyatis guttata</i> (arraia bicuda), <i>Hexanematichthys proops</i> (uritinga), <i>Rhinoptera bonasus</i> (raia jaborana), <i>Lobotessurinamensis</i> (croçu), <i>Etropus crossotus</i>
	(solha), <i>Notarius grandicassis</i> (cambéu), <i>Eugerres brasilianus</i> (carapitanga).
Estuarino-oportunistas	<i>Cynoscion acoupa</i> (pescada amarela), <i>Cynoscion microlepidotus</i> (corvina uçú), <i>Caranx latus</i> (xareu), <i>Centropomus undecimalis</i> (camurim preto), <i>Chaetodipterus faber</i> (paru), <i>Cynoscion steindachneri</i> (jurapara), <i>Micropogonias furnieri</i> (cururuca), <i>Epinephelus itajara</i> (mero), <i>Bagre bagre</i> (bandeirado)
Estuarino-residente	<i>Batrachoides surinamensis</i> (pacamão)

As espécies estuarino-oportunistas apareceram com mais frequência nos desembarques, como os recursos alvo. As espécies estuarino-oportunistas foram mais encontradas na pescaria, em termos de diversidade de espécies. Estuarino-residente foi encontrada somente uma espécie.

### 5.3 Análises estatísticas- Fauna acompanhante da *Cynoscion acoupa* (pescada amarela) - espécies da fauna acompanhante da pescada amarela e grau de dependência e associação de ocorrências nas pescarias do SPPPA

A análise de composição da pesca revelou a existência de 7 espécies da fauna acompanhante na pescaria da pescada amarela cujas participações nos desembarques foram confirmadas com mais de 95% da probabilidade. (tab. 3)

Tabela 3- valores do grau de associação (probabilidade p) entre a espécie alvo e a *Cynoscion acoupa* e as principais espécies que compuseram sua fauna acompanhante em termos de composição de pescaria.

Espécies	(p)	Qui quadrado
<i>Cynoscion acoupa</i> (pescada amarela) x <i>Dasyastis guttata</i> (raia bicuda)	< 0,0001	184.237
<i>Cynoscion acoupa</i> x <i>Caranx latus</i> (xaréu)	0,0038	22.648
<i>Cynoscion acoupa</i> x <i>Cynoscion microlepidotus</i> (corvina uçu)	0,0072	20.979
<i>Cynoscion acoupa</i> x <i>Aetobatus narinari</i> (arraia pintada)	0,0126	19.464
<i>Cynoscion acoupa</i> x <i>Hexanematichthys parkerii</i> (gurijuba)	0,0215	17.965
<i>Cynoscion acoupa</i> x <i>Hexanematichthys proops</i> (uritinga)	0,0412	16.086
<i>Cynoscion acoupa</i> x <i>Centropomus undecimalis</i> (camurim preto)	0,0461	15.751

Estas sete espécies mostraram um forte grau de associação e dependência, em termos de ocorrência nos desembarques, com o recurso alvo do sistema.

Ao longo dos desembarques neste trabalho foi observado que, o que levou a determinar a fauna acompanhante da *Cynoscion acoupa* não foi a frequência de ocorrência absoluta das espécies nas pescarias (número de indivíduos das espécies) a cada desembarque registrado, mas sim se a distribuição desta frequência de ocorrência dos indivíduos da fauna acompanhante esteve diretamente associada ao do recurso alvo.

#### 5.4 Frequência de ocorrências das espécies no ambiente

No total dos desembarques a espécie alvo esteve presente em 57,18% que segundo a metodologia de Batista & Rego (1996) corresponde a uma espécie de ocorrência constante no ambiente.

Em segundo lugar com 12,32% encontrou-se a principal espécie da fauna acompanhante conforme os valores de constância a raia bicuda (*D. guttata*), por esta proporção encontrada e também segundo a metodologia foi classificada como sendo pouco constante.

Todas as outras espécies registradas nos desembarques apresentaram frequência de ocorrência menor que 10% o que a metodologia categoriza como espécies de ocorrência rara.

Esta classificação não está direcionada ao poder de pesca do petrecho, mas à presença das espécies no ecossistema.

#### 5.5 CPUE (Captura por Unidade de Esforço), maturidade sexual e características e particularidades observadas com as espécies que demonstraram maior relação de dependência e associação de ocorrência com o recurso alvo (*Cynoscion acoupa*, "pescada") do sistema

##### a) Captura por Unidade de Esforço (CPUE)

É a unidade de medida que traduz a capacidade de pesca (nº de barcos, pescadores, anzóis, metros de rede, etc.) por unidade de tempo (normalmente anual) (DIAS NETO, 2002).

Para este trabalho foi escolhida a unidade de esforço “número de desembarques”.

É possível verificar a grande amplitude de variação das CPUEs mensais das espécies, o que demonstra pouca uniformidade de captura entre os dias de pesca e também um padrão inespecífico de coincidência das espécies com o recurso alvo nos desembarques. Este fato chama atenção e pode estar relacionado à grande mobilidade das espécies no ambiente (Figura 4).

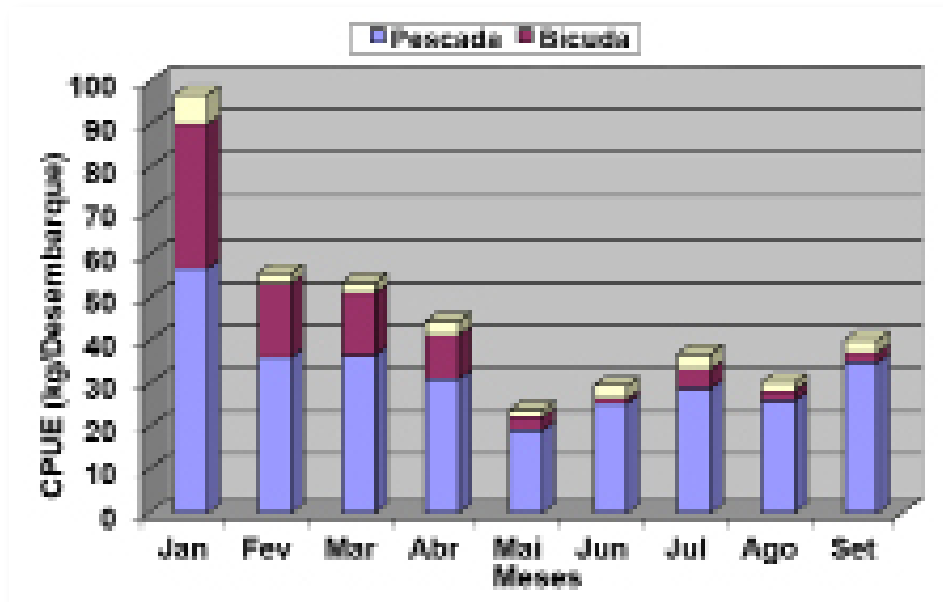


Figura 4- Captura por unidade de esforço de pesca (CPUE), da “pescada amarela” (*Cynoscion acoupa*), da “bicuda” e “outros peixes” da fauna acompanhante do sistema “pescada amarela”, durante o período de janeiro a setembro de 2008, no pesqueiro de Mangue Seco, praia do Araçagy, Ilha de São Luís- Ma.

A predominância do recurso alvo do sistema prevalece na mensuração do esforço de pesca; é a espécie que contribui com maior biomassa. Como recurso alvo do sistema mais uma vez confirma a seletividade do petrecho.

Comparando as CPUEs do recurso alvo (*Cynoscion acoupa*) com *Dasyatis guttata* (arraia bicuda), que é a espécie da fauna acompanhante mais abundante nos desembarques, verifica-se, porém, uma forte correlação (Figura 5).

Correlação do esforço de pesca - *Cynoscion acoupa* e *Dasyatis guttata*

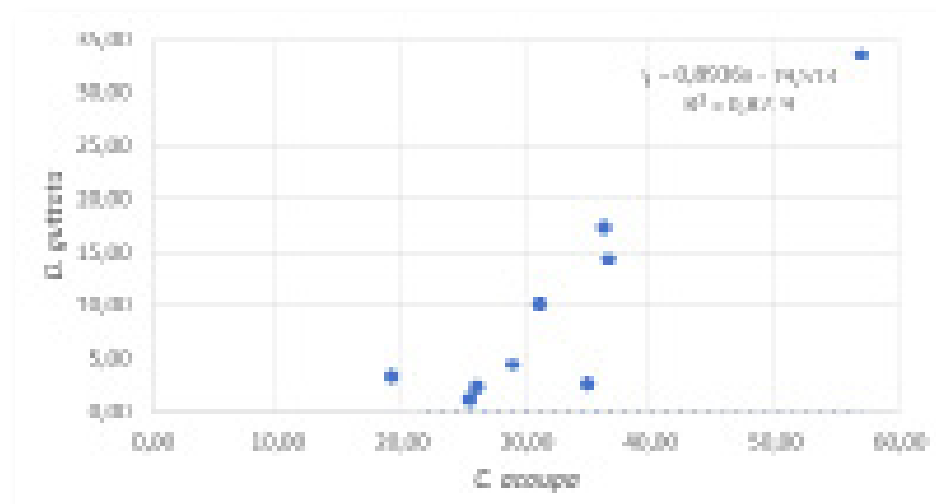


Figura 5 – Correlação do esforço de pesca da *C. acoupa* e *D. guttata*

O esforço pesqueiro demonstra forte correlação, em termos de ocorrência nas capturas, que há entre o recurso alvo e a principal espécie da fauna acompanhante.

**b) Maturidade sexual do recurso alvo e das principais espécies da fauna acompanhante (*Dasyatis guttata* e *Hexanematichthys parkerii*) do SPPPA.**

Foram mensurados o peso e o comprimento total da espécie alvo e da fauna acompanhante, onde destacam-se as espécies mais importantes, com maior grau de associação: arraia bicuda e gurijuba. Os índices podem ser visualizados na tabela 6.

Tabela 6- Índices biométricos das espécies de peixes estuarinos da fauna acompanhante do SPPPA mais capturados desembarcados na praia do Araçagy-Mangue seco, Ilha do Maranhão-Brasil no período de janeiro a setembro de 2008.

Espécies	Nome Comum	Comprimento(cm)		Peso (Kg)	
		Média	DP	Média	DP
<i>C. acoupa</i>	Pescada	91.50	13.37	7.28	2.84
<i>D. guttata</i>	Bicuda	114.84	36.38	3.71	2.38
<i>H. parkerii</i>	Gurijuba	81.50	21.19	6.38	1.70

**c) *Cynoscion acoupa***

Segundo Espinosa (1972), o tamanho de primeira maturidade da pescada- amarela é de 53,0 cm(CT).

No presente estudo foram capturados exemplares de maior comprimento, envolvendo indivíduos das classes de 76- 84 cm a 108 cm CT, todos indivíduos adultos, maior frequência de indivíduos maduros entre machos e fêmeas. Durante os desembarques neste trabalho o maior exemplar foi uma pescada- amarela fêmea, mediu 113 cm de comprimento total e pesou 12 Kg.

**d) *Dasyatis guttata***

Esta espécie foi objeto de estudo de Araújo & Almeida em 2001. Foram estudados 104 exemplares, sendo 53 machos e 51 fêmeas, o comprimento total variou de 7,6 cm a 221,20 cm. O peso total variou de 0,063kg e 14,44kg. O tamanho da largura do disco variou entre 16,7 a

80 cm. É considerada de médio porte, com maior número de exemplares na classe de comprimento entre 100 a 150 cm. O dimorfismo sexual mais proeminente na espécie ocorre através de variações na distância do focinho à boca, largura da boca e largura do disco.

Deve atingir grande tamanho; um macho de 40 cm de largura ainda é imaturo. O menor exemplar examinado tem 19 cm de largura (FIGUEIREDO, 1977).

Apesar da grande incidência da espécie nas pescarias não foi possível medir e pesar a espécie pois ela tem um grande valor social junto à comunidade, é doada assim que desembarcada para moradores da região ou dividida entre os pescadores.

Através dos índices de precipitação pluviométrica foi possível realizar uma análise sazonal para comentar a abundância das espécies mais capturadas ao longo do período. Na Figura pode-se constatar que existe uma variação na composição da fauna acompanhante de acordo com a mudança nos índices de precipitação no período de janeiro a setembro de 1998, dados cedidos pelo Laboratório de Meteorologia da Universidade Estadual do Maranhão (fig. 7).

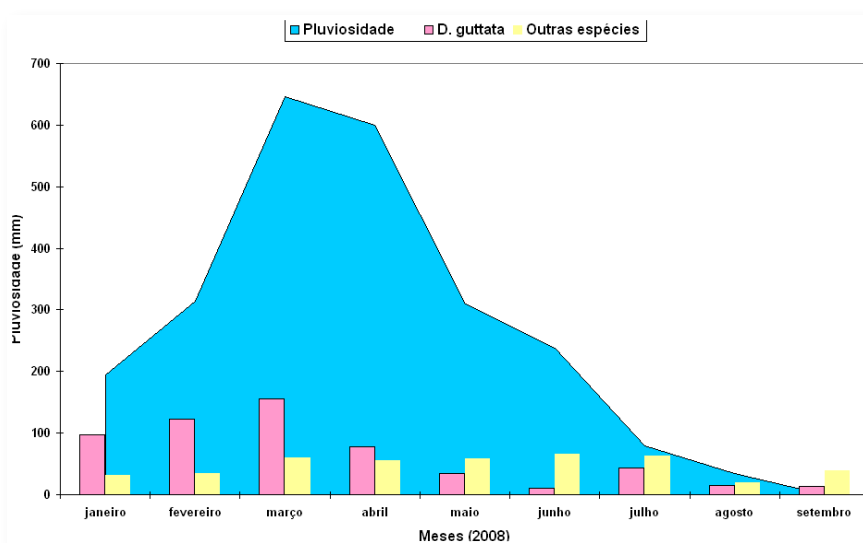


Figura 7 – Figura de comparação da ocorrência de *D. guttata* e outras espécies da fauna acompanhante com o índice pluviométrico do período de janeiro a setembro de 2008.

Os fortes gradientes de salinidade, no espaço e no tempo, são refletidos em uma fauna estuarina especializada; alguns animais os enfrentam utilizando mecanismos fisiológicos particulares, enquanto muitos evitam as concentrações salinas variáveis se entocando, utilizando conchas protetoras ou se deslocando para longe” (TOWNSEND; BEGON e HARPER, 2006, p. 175).

Analisando as mudanças na ocorrência da *Dasyatis guttata* (arraia bicuda) ao longo dos meses nas capturas, levando em consideração sua categoria bio ecológica (migrante- marinha), podemos sugerir que suas frequências nas capturas podem estar relacionadas à variação da salinidade da água do mar. Na distribuição dos meses a espécie mostrou maior participação no período chuvoso, quando a salinidade no estuário é menor devido aos elevados índices pluviométricos. Com a redução dos índices pluviométricos percebe-se uma diminuição na ocorrência da espécie nas capturas.

### ***Hexanematichthys parkerii***

A partir de maio as demais espécies componentes da fauna começam a sobressair-se em detrimento da *D. guttata* devido às condições ambientais impostas na pescaria e a espécie

*Hexanematichthys parkerii* (guriyuba) dentre as outras espécies ocorrentes é a mais representativa.

Pertencentes à família Ariidae, bagres, ocorrem na zona litorânea, em água pouco profunda, em fundo lodoso ou arenoso e em geral procuram a desembocadura dos rios e regiões lagunares na época da desova. Realizada a desova, os machos, e mais raramente as fêmeas, incubam os ovos na cavidade bucal até o que se complete todo o desenvolvimento. O gênero *Hexanematichthys* apresenta placas de dentes palatinos reduzidas, sem uma expansão posterior (FIGUEIREDO, 1978).

**Tamanho máximo:** 150 cm SL; **Peso ax. Publicado:** 50Kg;

Para a espécie *Hexanematichthys parkerii* (guriyuba) a média de comprimento foi 81,50 cm e 6,38 kg de peso. O desvio padrão para o comprimento foi de 21,19 e 1,70 para o peso.

A análise da dieta de *Hexanematichthys parkerii* realizada por Almeida & Santos (2006) capturados pela pesca artesanal da Raposa com uma amostra de 28 exemplares onde 17 continham alimento e 11 estavam sem alimento. A espécie apresentou uma pequena variação no seu hábito alimentar com a presença principal de teleósteos (22), seguido de moluscos (nove), crustáceos (quatro), observando ainda matéria orgânica não identificada. No trabalho a variação do comprimento total da espécie foi de 0,38 – 0,48 m.

#### 5.4.1.1 Análise de correlação entre a *Cynoscion acoupa* e *Dasyatis guttata*

Uma análise de correlação entre o recurso alvo do sistema e a espécie dominante na fauna acompanhante sugere que não há coincidência temporal entre a espécie alvo e a *D. guttata*. Através do Figura de dispersão podemos constatar que não uma relação de dependência na ocorrência ( $R^2 = 0,0018$ ) ver Figura 8.

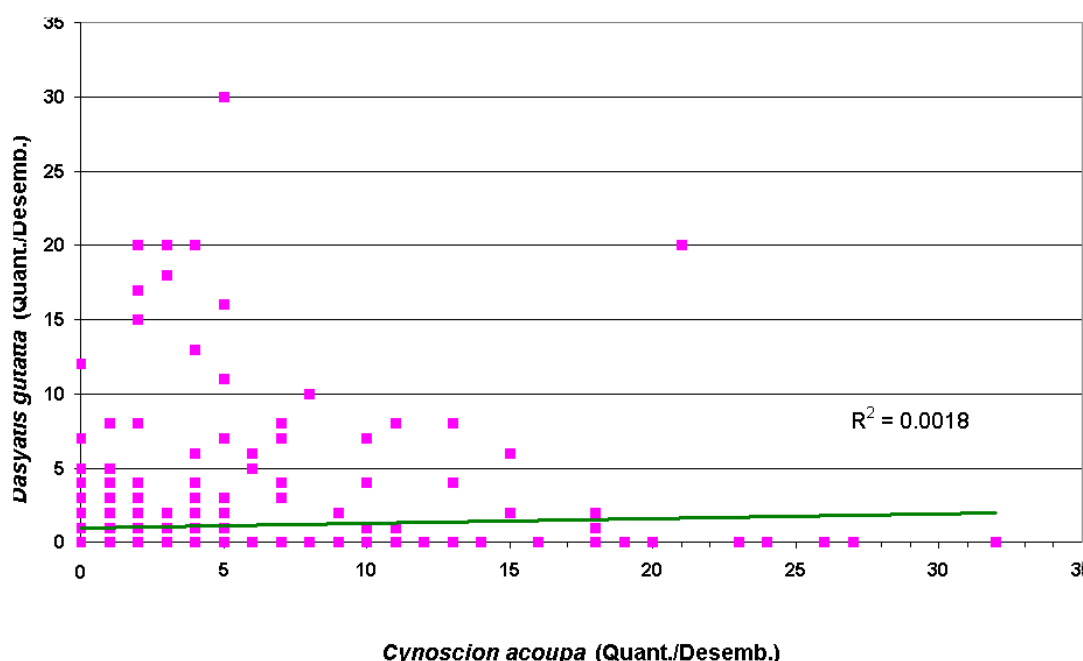


Figura 8. Correlação da *Cynoscion acoupa* “pescada amarela” e *Dasyatis guttata* “bicuda” capturadas com “malhadeira” na praia do Araçagy /Mangue Seco Ilha do Maranhão- Brasil no período de janeiro a setembro de 2008.

As espécies não ocorrem de forma simultânea no ambiente, pode-se observar que em muitos desembarques ocorreram “pescada” para nenhum registro de “bicuda”, e o mesmo ocorreu em desembarques onde só ocorreu “bicuda” as espécies ocupam o mesmo hábitat, mas em tempos diferentes, a coincidência nas capturas é mais característica do poder de pesca do petrecho que varre o ambiente oceânico. Há variação espacial e esta parece estar relacionada com a sazonalidade. A espécie *D. guttata* apresenta mudanças em resposta à sazonalidade.

### 5.4.3 Estratégias reprodutivas das espécies *Cynoscion acoupa*, *Dasyatis guttata* e *Hexanematichthys parkerii* do SPPPA.

Através da reprodução as espécies produzem novos indivíduos. É neste contexto que se resalta aqui as espécies estrategistas r e K. A alocação de maior quantidade de energia para a produção reprodutiva é característica das espécies r-estrategistas, enquanto para o investimento somático K-estrategistas. O conhecimento das estratégias reprodutivas das espécies é importante pois representantes das duas estratégias respondem de modo distinto às pressões de exploração.

De acordo com Vazzoler (1996) as espécies r e K apresentam características distintas quanto às táticas que compõem seu ciclo de vida:

Tabela 7- Características distintas quanto às táticas que compõem o ciclo de vida das espécies r e K.

CARACTERÍSTICA	K-ESTRATEGISTAS	r-ESTRATEGISTAS
Comprimento máximo	Grande	Pequeno
Período de vida	Longo	Curto
Taxa de crescimento	Baixa	Elevada
Primeira maturação	Tardia	Precoce
Mortalidade natural	Baixa	Elevada
Fecundidade	Baixa	Elevada
<b>Atributos</b> (teleósteos de água doce das várzeas venezuelanas- Winemiller, 1989 <i>apud</i> Vazzoler, 1996)	Cuidado parental bem desenvolvido; período reprodutivo prolongado: desovas repetidas; classes de tamanhos uniformemente distribuídas ao longo do ano; longo período de procriação; ovócitos grandes; tamanho do corpo grande; pequenas flutuações populacionais ao longo do ano (“bagres siluriformes”)	Pequeno ou nenhum cuidado parental; período de desova prolongado; repetidos surtos reprodutivos; distribuição de tamanhos uniforme durante a estação chuvosa (para algumas espécies também durante a seca); curtos tempos de procriação; lotes relativamente pequenos; ovócitos pequenos; tamanho do corpo pequeno; flutuações populacionais intermediárias (caraciformes)

Fonte: Vazzoler (1996)

A pescaria direcionada a *Cynoscion acoupa* (pescada amarela) acontece em curtos intervalos de tempo, interrompida apenas em dias de muita ventania (mais característico no mês de setembro) ou dias de muito mau tempo. Dessa forma as capturas contemplam indiscriminadamente os indivíduos de formas e padrões de ciclo de vida variados presentes no ambiente de pesca.



Na composição desta pesca as espécies mais capturadas (além da *Cynoscion acoupa*) apresentam estratégias de reprodução diferentes. A *Dasyatis guttata*, elasmobrânquio é uma espécie K-estrategista e o *Hexanematichthys parkerii* é um r-estrategista.

## 5 CONCLUSÃO

Dentre os aspectos comuns na pescaria da *Cynoscion acoupa* na praia dp Araçagy/Mangue Seco, ilha do Maranhão destaca-se a importância de se observar que a frota incide sobre diferentes espécies ao acaso no ambiente, mas o petrecho é altamente seletivo no que diz respeito ao recurso alvo.

A ocorrência das espécies nas pescarias além de estar relacionada ao poder de pesca do petrecho ambiente está relacionada também a fatores que envolvem a morfologia do recurso alvo e coincidências de categorias ecológicas, ou seja, a ocupação diferenciada do ambiente de pescapelas espécies vulneráveis ao petrecho. Mas, a fauna acompanhante do SPPPA não ultrapassa o volume do recurso alvo nas capturas.

A espécie considerada potencialmente como fauna acompanhante da pescada é a *Dasyatis guttata*, pois participou em maior número de desembarques como também em frequência de ocorrência. Dessa forma, parte da fauna acompanhante do SPPPA está sendo impedida de realizar o recrutamento, e o formato deste animal favorece captura pelo malhão.

Na pesquisa realizada na praia Araçagy/Mangue Seco observa-se a produção do recurso alvo durante todo o ano, e aumenta na estação chuvosa, entre os meses de novembro a fevereiro. Durante as estações ocorre uma mudança na composição da fauna acompanhante, na estação chuvosa o recurso da fauna acompanhante mais capturado passa da *Dasyatis guttata* para o *Hexanematichthys parkerii*.

A frequência de ocorrência absoluta da *Cynoscion acoupa* foi superior aos outros indivíduos da pescaria. A principal espécie da fauna acompanhante, em ocorrência absoluta, tem um valor social perante a comunidade, são doadas pelos pescadores e não atingem comercialização.

## REFERÊNCIAS

- BATISTA, V. S.; REGO, F. N. 1996. **Análises de associações de peixes em igarapés do estuário do rio Tibiri, Maranhão.** Rev. Brasil. Biol. 56(1): 163-176.
- BEGOSSI, A. (Org.). **Ecologia de pescadores da mata atlântica e da amazônia.** São Paulo: Fapesp, 2004.
- CAMHI, M. et al. **Sharks and their relatives, ecology and conservation.** Occasional Paper 20, IUCN Species Survival Commission, 1998.
- DAY JR., J. W. et al. **Estuarine Ecology.** Nova York: John Wiley e Sons, 1989.
- DIAS NETO, J. **Gestão do uso dos recursos pesqueiros marinhos no Brasil.** 2002. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável) – Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília.
- DIAS NETO, J. **Gestão do uso dos recursos pesqueiros marinhos no Brasil.** Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável) – Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília, 2002.

- DIAS-NETO & L. C. C. DORNELLES. **Diagnóstico da pesca marítima do Brasil. Brasília:** IBAMA, 165 p. (Coleção Meio Ambiente. Série Estudos Pesca, 20), 1996.
- EMERENCIANO, I. A pesca no Maranhão: realidade e perspectiva. **Boletim do Laboratório de Hidrobiologia**. São Luís, v. 2, n. 1, p. 1-52, 1978.
- ESPINOSA, V. **The biology and fishery of the curvina, *Cynoscion maracaiboensis*, of Lake Ser. *Recur. Expl. Pesq.***, Maracaibo, v. 2, n. 3, p. 1-4, 1972.
- FIGUEIREDO, JL.; MENEZES, N. A. **Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil. I. introdução: cações, raias e quimeras.** São Paulo, Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, 1977.
- FIGUEIREDO, JL.; MENEZES, N. A. **Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil. II. Teleostei (1).** São Paulo, Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, 1978.
- FIGUEIREDO, JL.; MENEZES, N. A. **Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil. III. Teleostei (1).** São Paulo, Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, 1980.
- GRAÇA LOPES, R. da 1996 **A pesca do camarão-sete-barbas *Xiphopenaeus kroyeri*, Heller (1862) e sua fauna acompanhante no litoral do Estado de São Paulo.** Rio Claro, UNESP. 96p. (Tese de Doutorado. Instituto de Biociências, UNESP)
- HAZIN, F. H. V.; HAZIN, H. G. **Pesca com rede de emalhe de fundo para a captura de tamboril (peixe-sapo) nas regiões sudeste-sul do Brasil.** Notas Técnicas FACIMAR, volume 5. 2001, págs. 89–89.
- HOENING, J. M; GRUBER, S. H. **Life-history patterns in the elasmobranchs: implications for fisheries management.** NOAA Technical Report NMFS, v. 90, p.1-16, 1990.
- LOWE- MCCONNELL. **Ecology study in tropical fishes communities.** Cambridge University press. Nova York, 1999.
- MARRUL FILHO. **Crise e sustentabilidade no uso dos recursos pesqueiros.** Dissertação (Mestrado Desenvolvimento Sustentável) - Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília.
- MUSICK, J. A. et al. **Protection of marine fish stocks at risk of extinction.** Fisheries, v. 25, n.3, 2000.
- POTTER, I.; CLARIDGE, P. N.; HYNDES, G. A.; CLARKE, K. R. 1997. **Seasonal, annual and regional variations in ichthyofaunal composition in the inner severn estuary and inner Bristol channel.** J. Mar. Biol. Ass. U. K. 77: 507-525.
- TOWNSEND, Colin R; BEGON Michael; HARPER, John L. **Fundamentos em ecologia.** 2.ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.
- TRIOLA, M. F. **Introdução à estatística.** 9ª edição. Rio de Janeiro: LCT, 2005.
- VAZOLLER, A. E. A. M. **Biologia da reprodução de peixes teleosteos: teoria e prática.** São Paulo: Maringá, EDUEM; CNPq e Nupélia, 1996.
- VOOREN, C. M.; KLIPPEL, S. **Diretrizes para conservação de espécies ameaçadas de elasmobrânquios (capítulo 13)** in: Ações para a conservação de tubarões e arraias no sul do Brasil. Porto Alegre: Igaré, 2005. 262p.



