



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
MUSEU PARAENSE EMILIO GOELDI
EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS - PPGCA

CRISALDA DE JESUS DOS SANTOS LIMA

**EFEITO DA FRAGMENTAÇÃO E ISOLAMENTO DA
PAISAGEM NA RIQUEZA E COMPOSIÇÃO DE ESPÉCIES
DE LAGARTOS NO RESERVATÓRIO DE TUCURUÍ, PARÁ.**

BELÉM - PA

2008

CRISALDA DE JESUS DOS SANTOS LIMA

**EFEITO DA FRAGMENTAÇÃO E O ISOLAMENTO DA
PAISAGEM NA RIQUEZA E COMPOSIÇÃO DE ESPÉCIES
DE LAGARTOS NO RESERVATÓRIO DE TUCURUÍ, PARÁ.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará em convênio com EMBRAPA-Amazônia Oriental e Museu Paraense Emílio Goeldi, para a obtenção do grau de Mestre em Ciências Ambientais.
Área de Concentração: Ecossistemas e Uso da Terra.

Orientador: Prof^o. Dr. Leandro Valle Ferreira.

BELÉM - PA

2008

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação(CIP)
Biblioteca Geól. Rdº Montenegro G. de Montalvão

Lima, Crisalda de Jesus dos Santos

L732e Efeito da fragmentação e isolamento da paisagem na
riqueza e composição de espécies de lagartos no reservatório
de Tucuruí, Pará / Crisalda de Jesus dos Santos Lima. – 2008
88 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) –
Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais,
Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará,
Museu Paraense Emilio Goeldi e EMBRAPA, Belém, 2008.

Orientador, Leandro Valle Ferreira.

1. Ecologia da paisagem. 2. Fragmentação. 3.
Reservatório hidrelétrico. 4. Lagartos. 5. Amazônia. 6. Tucuruí
(PA) I. Universidade Federal do Pará. II. Ferreira, Leandro
Valle, Orient. III. Título.

CDD 20º ed.:577.098115

CRISALDA DE JESUS DOS SANTOS LIMA

**EFEITO DA FRAGMENTAÇÃO E O ISOLAMENTO DA
PAISAGEM NA RIQUEZA E COMPOSIÇÃO DE ESPÉCIES
DE LAGARTOS NO RESERVATÓRIO DE TUCURUÍ, PARÁ.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará em convênio com EMBRAPA-Amazônia Oriental e Museu Paraense Emílio Goeldi, para a obtenção do grau de Mestre em Ciências Ambientais.

Data de Aprovação: 29 / 08 / 2008

Conceito: Aprovada

Banca Examinadora:

Dr. Leandro Valle Ferreira - Orientador
Doutor em Biologia (Ecologia)
Museu Paraense Emílio Goeldi

Dr. Ulisses Galatti -Membro
Doutor em Biologia (Ecologia)
Museu Paraense Emílio Goeldi

Dr. Adriano Venturieri - Membro
Doutor em Geografia
Embrapa-Amazônia Oriental

Dr. Mário Augusto Gonçalves Jardim -Membro
Doutor em Biologia
Museu Paraense Emílio Goeldi

*A Deus!
Às minhas queridas e saudosas
Mãe-Ada e Ninhina (in memorian),
Aparecida (mãe), meu irmão Bernardo,
Lucilene (cunhada)
e meu marido Paulo Guilherme,
a vocês dedico este trabalho.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus, que mesmo com todas as dificuldades no decorrer da vida (e do mestrado), deu-me a opção de poder escolher caminhos e cumprir mais um objetivo.

Ao Leandro Valle Ferreira, meu orientador, por ter me aceitado e me ajudado com afinco durante a realização e finalização deste estudo, além de sua amizade e paciência.

Ao Projeto “Avaliação e Monitoramento das Comunidades de Vertebrados do Reservatório da UHE – Tucuruí, Pará – convênio Ministério da Ciência e Tecnologia/ Museu Paraense Emílio Goeldi/ELETRONORTE/Sociedade Zeladora “Amigos” Museu Paraense Emílio Goeldi – pelo financiamento para este estudo.

A Secretaria de Educação do Estado do Piauí, pela liberação para fazer o mestrado.

Ao Ulisses Galatti pelo crédito a mim concedido, incentivo e apoio.

Ao Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais/MPEG/EMBRAPA, por todo o aprendizado especialmente aos colegas da turma de 2006.

Aos meus familiares pelo incentivo e ajuda, em especial tia Helina, pela “acolhida” e compreensão, Jandira e Egilson meus sogros, especialmente minha cunhada Lucilene por resolver tudo em Teresina por mim, além do meu querido Paulo Guilherme pelas ajudas nas horas mais estressantes!

Aos meus companheiros de campo Dico e Janaína, pela amizade e além do prazer da convivência nos dias de trabalho e “apertos” no lago de Tucuruí.

Em nome dos amigos: Tiago, Gracy, Sabá, Seu Luís, Lobão, Tarzan, Xaropinho, agradeço á todos do CPA da Eletronorte, que contribuíram para a realização deste estudo.

Aos meus amigos e conterrâneos, Elinete, Cleuton, Wáldima, Francílio, e demais companheiro do LAZUFPI, pelo incentivo e amizade especialmente a amigo Prof. Dr. Marcos Pérsio, que foi o responsável por eu ter chegado até aqui, meus sinceros agradecimentos.

A Márcia Figueiredo, Adnaldo, Gladys por sempre “quebrar os galhos” na secretaria e atender meus pedidos no decorrer de todo o curso.

Aos técnicos e companheiros do laboratório de Herpetologia do Museu Paraense Emílio Goeldi, pela boa convivência.

E a todos que direta ou indireta colaboraram com este estudo.

Muito obrigada mesmo!

RESUMO

Apesar de vários trabalhos publicados para a região tropical demonstrando o efeito da fragmentação florestal e o isolamento da paisagem na comunidade biótica, a maioria destes, foi realizada em regiões continentais. Os impactos da fragmentação e o isolamento da paisagem resultante da criação de reservatórios artificiais de usinas hidrelétricas ainda são pouco estudados na Amazônia. Este estudo foi realizado em fragmentos (“ilhas”) remanescentes de floresta ombrófila, formadas pela construção da Hidrelétrica de Tucuruí, no estado do Pará com o objetivo de comparar as ilhas nas duas margens do reservatório em relação ao tamanho total, tamanho da área nuclear (*core area*), forma geométrica (total de borda balanceado pela área da ilha) e grau de isolamento a fim demonstrar o papel das mesmas para a conservação da biota local e em escala local avaliar a riqueza, abundância e composição de espécies da comunidade de lagartos em 12 “ilhas” do reservatório em relação ao tamanho, grau de isolamento e posição das ilhas no reservatório. Para o estudo em escala da paisagem foram escolhidas 199 ilhas nas duas margens no limite da Área de Proteção Ambiental de Tucuruí usando imagem de satélite de 2005. O tamanho das ilhas analisadas varia de 3 a 1768 hectares, sendo que 40% delas com menos 10 hectares. As ilhas têm uma perda significativa, variando de 22% a 100%, de área total, em função do efeito de borda. Não houve diferença significativa no tamanho total, tamanho da área nuclear e total da borda nas ilhas em relação á margem do reservatório. Contudo, as ilhas da margem esquerda têm maior grau de isolamento em relação das ilhas da margem direita. A maioria das ilhas analisadas no reservatório de Tucuruí tem tamanhos pequenos, alta perda de área total em função do efeito de borda, formato irregular o que aumenta o potencial do efeito de borda e alto grau de isolamento. Em escala local a comunidade de lagartos foi amostrada em cinco campanhas de campo realizadas entre janeiro e julho de 2005, através de transectos e armadilhas de queda. As áreas inventariadas foram selecionadas com base no tamanho, grau de isolamento e posição na margem do reservatório. Foram registrados 837 indivíduos de lagartos, distribuídos em 16 espécies. As espécies mais abundantes foram *Gonatodes humeralis* e *Coleodactylus amazonicus* (Gekkonidae). A amostragem realizada nas cinco campanhas foi suficiente para determinar a riqueza total das ilhas amostradas,

correspondendo a 84% do número de espécies de acordo com o estimador Jackknife 1. Houve diferença significativa na riqueza de espécies de lagartos entre as campanhas realizada sendo a riqueza maior obtida a partir da 3ª campanha de campo, em abril-maio de 2005. Não houve diferença significativa na riqueza de espécies e no número de indivíduos de lagartos em relação à margem do reservatório. Houve diferença significativa e positiva da riqueza de espécies de lagartos em relação ao tamanho da ilha. Não houve diferença significativa na abundância de lagartos em relação ao tamanho das ilhas. Houve diferença significativa entre a riqueza de lagartos em relação ao isolamento da ilha, sendo esta menor nas ilhas mais isoladas. Não houve diferença significativa entre a abundância de lagartos em relação ao isolamento da ilha. Não houve diferença significativa da riqueza de espécies em relação à abertura do dossel e ao volume de serrapilheira. Houve diferença significativa e positiva entre a riqueza de espécies em relação à densidade de troncos caídos e de árvores vivas. Não houve diferença significativa da abundância de indivíduos em relação aos parâmetros de estrutura da vegetação analisados neste estudo. Não houve diferença na composição de espécies da comunidade de lagartos nas ilhas em relação às margens do reservatório, indicando que o rio Tocantins não é uma barreira geográfica para a distribuição deste grupo.

Palavras-chave: Ecologia da Paisagem. Fragmentação. Reservatório Hidrelétrico. Lagartos. Amazônia. Tucuruí (Pa).

ABSTRACT

Appear of many studies published in tropical regions showing the effect on forest fragmentation and landscape isolation in biotic communities most studies have been made in continental regions. The impact of fragmentation and isolation of landscape in hydroelectric artificial reservoir are still poorly studies in the Amazonian. This study was done in island forest remain fragments created by the construction of the Tucuruí Hydroelectric dam in the Para State, Brazil. The objectives of the study is to compare the islands on both sides of the reservoir in relation to the total size, total core area size, plot shape and degree of isolation to demonstrated the role of island to protected the local biota in landscape level and assess the species richness, abundance and species composition of the communities of lizard in the islands in local scale. At landscape level were chosen 199 islands in both margin of reservoir using satellite image of 2005. The total size of island varied from 3 to 1,768 hectares, being that 40% of island has less than 10 hectares in size. The islands have a significant loss of size, varying from 22% to 100% in relation to edge effects. There is no significant difference of the total size, total core area size and total edge of islands in relation to reservoir margins. However, the islands situated in the left margin of reservoir have high degree of isolation in compare to island from right margin. Most of the island analyzed in the Tucuruí reservoir have small sizes, high loss of total area due to edge effects and irregular plot shape, all contributing. At local scale the lizard community was sampled in five field expedition carried out from January to July of 2005, using two methods of collect, transects and traps of interception and fall. We selected 12 islands based on total size, degree of isolation and position in relation to reservoir margin. We recorded 837 individuals of lizard distributed in 16 species. The most abundant species were *Gonatodes humeralis* and *Coleodactylus amazonicus* (Gekkonidae). The curve of total number of species in relation to field expedition reached the asymptote, showing that the five expeditions were sufficient to determine local species richness in the sampled island, corresponding to 84% of the total number of species determined by Jackknife 1 species richness estimator. There is significant difference in the species richness in relation to field expeditions, being highest species richness obtained from the third field expedition carried out from April to May of 2005. There is no significant difference in the species richness and number

of individuals in relation to reservoir margins. There is significant and positive difference between the species richness in relation to size of island. There is no significant difference in the abundance of lizards in relation to size of island. There is significant difference in the species richness of lizards in relation to degrees of isolation of island, being the isolation lower in the more remote islands. However, the abundance of lizards in relation to degree of isolation of islands was not significant. There is no significant difference in the species richness in relation to open canopy and volume of litter. There is significant and positive difference between the species richness in relation to density of trunk falls and trees lives. There is no difference in the abundance of lizards in relation to forest structure parameters analyzed in the study. Finally there is no difference in the species composition of lizards in relation to reservoir margins, indicating that the Tocantins River in the sampled area analyzed in the study is not one important biogeography barrier to this group.

Key-words: Landscape ecology. Fragmentation. Reservoir. Lizards. Amazonian. Tukurui (Pa).

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1** – Imagem de satélite mostrando a localização do Reservatório da Usina Hidrelétrica de Tucuruí no estado do Pará.....28
- Figura 2** – Imagem de satélite mostrando o trecho do rio Tocantins antes da formação do Reservatório de Tucuruí; (A) o processo de enchimento do reservatório, provocando o isolamento das partes mais altas da floresta de terra firme (B) e o mosaico atual de ilhas de Tucuruí (C).....29
- Figura 3** – Imagem de satélite mostrando os limites da Área de Proteção ambiental (APA), as Reservas de Desenvolvimento Sustentável (RDS) e as Áreas de Soltura do Reservatório da Usina de Tucuruí.....30
- Figura 4** – Imagem de satélite mostrando as ilhas no reservatório de Tucuruí analisadas neste estudo.....32
- Figura 5** – Imagem de satélite mostrando as ilhas de floresta (verde) no reservatório do UHE Tucuruí (fundo preto) e os limites vetoriais usados para desenhar o formato das ilhas..... 33
- Figura 6** – Imagem de satélite, mostrando a localização do reservatório Tucuruí (A) e das áreas de amostragem (B) nas duas margens do reservatório.....36
- Figura 7** – Representação esquemática da posição dos transectos e das armadilhas de interceptação e queda usada na amostragem da comunidade de lagartos do reservatório da UHE-Tucuruí, Pará.....38
- Figura 8** – Esquema de uma das armadilhas de interceptação e queda instalada para a captura de lagartos nas ilhas selecionadas no Reservatório de Tucuruí, Pará.....39
- Figura 9** – Log do tamanho total (A), tamanho da área nuclear (B) e do total de borda (C) nas ilhas analisadas neste estudo no Reservatório da UHE de Tucuruí, Pará..... 43

Figura 10 – Distribuição das ilhas do UHE Tucuruí em relação às classes de tamanho total.....	44
Figura 11 – Relação entre a % de perda de área da ilha em relação ao Log do tamanho total.....	46
Figura 12 – Número e proporção de ilhas divididas em classes de perda de área total em função do efeito de borda.....	46
Figura 13 – Localização das Ilhas de Tucuruí antes da formação do reservatório de Tucuruí (A) e no reservatório atual (B).....	47
Figura 14 – Número e proporção total das ilhas analisadas neste estudo divididas entre as duas margens do Reservatório de Tucuruí em relação ao total de borda.....	48
Figura 15 – Distribuição espacial das ilhas da UHE Tucuruí em relação às classes de borda.....	48
Figura 16 – Log da distância entre os Fragmentos (ilhas) nas ilhas analisadas neste estudo no Reservatório da UHE de Tucuruí, Pará.....	50
Figura 17 – Distribuição espacial das ilhas da UHE Tucuruí em relação às classes de distância ao vizinho mais próximo.....	50
Figura 18 – Ilhas do UHE de Tucuruí divididas entre as classes de isolamento das ilhas com um raio de 200 metros.....	51
Figura 19 – Ilhas da UHE de Tucuruí divididas entre as classes de isolamento das ilhas com um raio de 50 metros.....	52
Figura 20 – Cenários para a conservação da biota em fragmentos florestais em relação ao tamanho, forma e grau de isolamento.....	54
Figura 21 – Imagem de satélite mostrando o uso e ocupação em uma das ilhas da UHE de Tucuruí, usadas para a agricultura familiar e extração madeireira. (Imagem: Google Earth – Fotos: Crisalda Lima 2007).....	55

Figura 22 – Freqüência de espécies nas ilhas amostradas no Reservatório de Tucuruí, Pará.....	59
Figura 23 – Curva acumulativa de novas espécies de lagartos em relação ao número de dias de coleta nas cinco expedições realizadas neste estudo entre Janeiro e Julho de 2005.....	61
Figura 24 – Riqueza de espécies de lagartos entre as campanhas realizadas neste estudo realizadas entre Janeiro e Julho de 2005.....	61
Figura 25 – Riqueza de espécies de lagartos com a respectiva precipitação do período.....	62
Figura 26 – Riqueza média de espécies encontrada nas ilhas nas margens direita (D) e esquerda (E) do reservatório do Tucuruí, Pará.....	63
Figura 27 – Número médio de indivíduos encontrados nas ilhas nas margens direita (D) e esquerda (E) do reservatório do Tucuruí, Pará.....	63
Figura 28 – Representação das 12 áreas inventariadas no reservatório de Tucuruí, contra as duas primeiras coordenadas principais para a variável abundância de lagartos (MD - margem direita; ME - margem esquerda).....	64
Figura 29 – Relação entre a riqueza de espécies (A) e abundância de indivíduos (B) em relação ao tamanho das ilhas no reservatório do Tucuruí, Pará.....	65
Figura 30 – Relação entre a riqueza de espécies de lagartos (A) e abundância de indivíduos (B) em relação grau de isolamento das ilhas no reservatório do Tucuruí, Pará.....	66
Figura 31 – Densidade das espécies: <i>Ameiva ameiva</i> , <i>Kentropyx calcarata</i> , <i>Coleodactylus amazonicus</i> e <i>Gonatodes humeralis</i> - em relação ao grau de isolamento das ilhas do Reservatório da UHE – Tucuruí.....	67
Figura 32 – Densidade das espécies: <i>Thecadactylus rapicauda</i> , <i>Leposoma guianense</i> , <i>Anolis fuscoauratus</i> e <i>Mabuya nigropunctata</i> - em relação ao grau de isolamento das ilhas do Reservatório da UHE – Tucuruí.....	68

Figura 33 – Relação entre a riqueza de espécies e os parâmetros de abertura do dossel (A) e volume de serrapilheira (B) nas ilhas estudadas no reservatório de Tucuruí, Pará.....70

Figura 34 – Relação entre a riqueza de espécies e os parâmetros de estrutura de vegetação: número de troncos caídos (A) e densidade de árvores (B) nas ilhas estudadas no reservatório de Tucuruí, Pará.....70

Figura 35 – Abundância de indivíduos de lagartos em relação aos parâmetros de estrutura da vegetação abertura do dossel (A); volume de serrapilheira (B); troncos caídos (C) e densidade de árvores (D) nas ilhas estudadas no reservatório de Tucuruí, Pará.....71

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	LAGARTOS.....	24
2	OBJETIVOS	26
2.1	OBJETIVO GERAL.....	26
2.1.1	Objetivos específicos	26
3	MATERIAL E MÉTODOS	27
3.1	ÁREA DE ESTUDO.....	27
3.2	COLETA DE DADOS.....	31
3.2.1	Métricas de Paisagem	31
3.2.2	Amostragem de Lagartos	35
3.2.3	Amostragem da Estrutura de Vegetação	39
3.3	ANÁLISE DOS DADOS.....	40
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
4.1	CARACTERIZAÇÃO DO MOSAICO ATRAVÉS DO USO DE MÉTRICAS DA PAISAGEM.....	42
4.1.1	Tamanho total, área nuclear e total de bordas das ilhas analisadas..	42
4.1.2	Grau de isolamento das ilhas analisadas	49
4.2	CARACTERIZAÇÃO GERAL DA COMUNIDADE DE LAGARTOS.....	56
4.2.1	Métricas de Paisagem (Tamanho e Grau de Isolamento)	62
4.2.2	Estrutura de Vegetação	69
5	CONCLUSÕES	73
	REFERÊNCIAS	74
	APÊNDICE – LISTA DOS FRAGMENTOS (ILHAS) ANALISADAS NESTE ESTUDO EM RELAÇÃO ÀS MÉTRICAS DE PAISAGEM	84

1 INTRODUÇÃO

A relação entre a área dos fragmentos e seus atributos ecológicos, especialmente a diversidade de espécies, é um elemento central para a conservação da biodiversidade e tem sido foco de muitos estudos desenvolvidos a partir da teoria de Biogeografia de Ilhas (MACARTHUR; WILSON, 1967).

A teoria procura prever o número de espécies em uma “ilha” (ou fragmento) pressupondo que as comunidades atinjam um equilíbrio dinâmico resultado das taxas de imigrações e extinções. A taxa de imigração é entendida em função da redução do número de espécies já presentes na ilha, enquanto a taxa de extinção é vista em função do aumento do número de espécies, sendo o equilíbrio ocorrendo na intersecção das funções das duas taxas, ou seja, quando o número de espécies existentes se extingue com a mesma velocidade com que ocorre a invasão de novas espécies (MACARTHUR; WILSON, 1967; LAURANCE, 2008).

O modelo da teoria de Biogeografia de Ilhas tem sido aplicado em estudos de fragmentação florestal em ambientes terrestres, a fim de testar propostas relacionadas à determinação do tamanho mínimo crítico de fragmentos para manter populações viáveis de espécies, a forma e distribuição destes fragmentos para a conservação da biodiversidade (BIERREGAARD et al., 1992).

A fragmentação das florestas tropicais tem sido apontada como uma das maiores preocupações na biologia da conservação e muitos estudos têm mostrado que o processo de redução das áreas naturais devido aos desmatamentos tem conseqüências diretas na manutenção da biodiversidade (TURNER, 1996; HERMANN; RODRIGUES; LIMA, 2005).

A fragmentação ocorre quando um ecossistema natural complexo e heterogêneo é convertido em outro simples e homogêneo, normalmente associado a atividades humanas (LAURANCE, 2008).

O processo de fragmentação florestal resulta em uma variedade de efeitos físicos e biológicos (KAPOS, 1989; WILLIAMS-LINERA, 1990; LAURANCE, 2000). Dentre os principais podemos citar: o declínio da diversidade de espécies e modificação dos processos ecológicos (KLEIN, 1989), mudanças na composição natural das comunidades de plantas e animais (ZIMMERMANN; BIERREGAARD,

1986; LAURANCE et al., 1998), alterações na temperatura, vento e umidade do ar e do solo (CAMARGO; KAPOS, 1995), aumento nas taxas de mortalidade, danos e recrutamento de árvores (BENITEZ-MALVIDO, 1998; FERREIRA; LAURANCE, 1997; LAURANCE et al., 1998, LAURANCE, 2000; BENITEZ-MALVIDO; MARTINEZ-RAMOS, 2003;), além do colapso da biomassa (LAURANCE et al., 1998).

O processo de fragmentação existe de forma natural, sendo muitas vezes atribuído as flutuações climáticas, heterogeneidade de solos, topografia entre outros (CONSTANTINO et al., 2003), mas também pode ser causado e intensificado por ações antrópicas como o desmatamento, a atividade madeireira, abertura de estradas e ramais, projetos de construção de hidrelétricas além do próprio modelo de ocupação do território associado aos ciclos econômicos (FERREIRA et al., 2005). Todos esses fatores influenciam na configuração dos padrões da paisagem, causando o processo de fragmentação.

Fragmentação da paisagem é o processo de redução e isolamento de áreas propícias à sobrevivência de espécies (METZGER, 1999). O conceito de paisagem é muito variável dependendo do enfoque de trabalho. Contudo, em biologia, a paisagem pode ser definida como um mosaico heterogêneo formado por unidades interativas, sendo essa heterogeneidade existente para pelo menos um fator, segundo um observador e numa determinada escala de observação (METZGER, 2001).

Nesse aspecto, a ecologia da paisagem apresenta duas vertentes distintas: uma *geográfica*, que privilegia o estudo da influencia do homem sobre a paisagem e a gestão do território e outra *ecológica* que enfatiza a importância do contexto espacial sobre os processos ecológicos e a importância destas relações em termos de conservação biológica (METZGER, 2001).

A maioria das paisagens sofre influência da ação do homem e de fenômenos naturais fazendo com que o mosaico de paisagens resultante seja constituído por um misto de elementos antrópicos e naturais que variam em forma, tamanho e arranjo (FORMAN; COLLINGE, 1997).

A Amazônia brasileira tem se tornado uma das regiões com as maiores taxas de desmatamento na região tropical (INPE, 2006) em consequência de um

processo histórico de ocupação associado às atividades sócio-econômicas, alterando assim a dinâmica dos processos biológicos (LAURANCE, 2008).

Entre as atividades sócio-econômicas da região Amazônica que têm contribuído significativamente com o desmatamento favorecendo o processo de fragmentação da paisagem destaca-se: a expansão da fronteira agrícola, pecuária, extração madeireira (BIERREGAARD et al., 1992; NEPSTAD, 2000; LAURANCE et al., 2002; ALENCAR et al., 2004), obras de infra-estrutura tais como: asfaltamento de rodovias, construção de estradas, linhas de transmissão, construção de hidrelétricas e outros projetos que visam o desenvolvimento regional (FEARNSIDE, 2005; FERREIRA; VENTICINQUE; ALMEIDA, 2005).

Muitos estudos têm afirmado que os fragmentos resultantes do processo de fragmentação da floresta Amazônica são afetados direta e indiretamente por processos relacionados à modificação da paisagem, tais como o efeito da distância entre os fragmentos, o tamanho e a forma do fragmento, o tipo de matriz circundante e o efeito de borda (BIERREGAARD et al., 1992; METZGER, 1997; 1999; GASCON et al., 1999; COLLI, 2003; FAHRIG, 2003; SCARIOT et al., 2003).

Desta forma, a fragmentação deve ser entendida através da análise de processos espaciais, pois a modificação da estrutura da paisagem é relevante por atuar na dinâmica das populações causando riscos de imigração e extinção (SOULÉ; ALBERT; BOLGER, 1992; TAYLOR, 1993; METZGER, 1999).

Um dos principais processos associados à fragmentação é denominado “efeito de borda” que são áreas formadas de forma abrupta entre o fragmento vegetal remanescente e o habitat dominante ao redor do mesmo, promovendo profundas mudanças na intensidade dos fluxos biológicos (METZGER, 1997).

Entre as principais modificações cita-se: mudanças no fluxo de radiação, umidade e temperatura do ar e do solo, velocidade do vento e o fluxo de água no ar (KAPOS, 1989; WILLIAMS-LINERA, 1990; LAURANCE et al., 2002; BENITEZ-MALVIDO; MARTINEZ-RAMOS, 2003) que causam profundos impactos à comunidade de plantas e animais residentes no fragmento (KAPOS, 1989; MURCIA, 1995).

O efeito de borda em um fragmento florestal é resultado de dois fatores: o tamanho e a forma geométrica do fragmento. Diversos autores têm demonstrado

que existe uma relação direta entre o tamanho do fragmento e sua capacidade de manter certas populações de determinadas espécies (TOCHER; GASCON; ZIMMERMAN, 1997; SCARIOT, 1998; VIANA; PINHEIRO, 1998; METZGER, 1999; LAURANCE et al., 2002).

A forma geométrica do fragmento pode também influenciar as comunidades naturais. O fator forma é a relação perímetro/área, que é utilizado para estimar a proporção do fragmento que é submetido aos efeitos de bordas (METZGER, 1999), quanto menor for esta relação, menor será a borda. Fragmentos florestais mais próximos ao formato circular têm essa razão minimizada enquanto que os de formato mais irregular têm maior proporção de borda (MURCIA, 1995; VIANA; PINHEIRO, 1998; SCARIOT, 1998).

Outro parâmetro importante na fragmentação é o grau de isolamento dos fragmentos que pode afetar significativamente de forma negativa a riqueza e composição de populações devido à interrupção do fluxo gênico (VIANA; PINHEIRO, 1998; SCARIOT, 1998). A distância entre fragmentos pode funcionar como uma barreira para o livre trânsito das espécies, resultando em endocruzamentos gerando a perda de variabilidade genética (FUTUYMA, 1992).

Além do grau de isolamento, deve-se levar em consideração o tipo de matriz circundante, que é importante para os deslocamentos das espécies, influenciando os processos de extinção das populações (METZGER, 1999; COLLI et al., 2003).

Gascon et al. (1999) relatam que as habilidades das espécies para o uso da matriz são muito variáveis, esses autores observaram essa relação com a abundância de pássaros, mamíferos e sapos na Amazônia Central e confirmaram que uma maior permeabilidade da matriz pode atenuar os efeitos da fragmentação.

Seja qual for a estratégia adotada para a conservação dos fragmentos florestais, o estudo de parâmetros métricos (quantitativos) que descrevam a paisagem é fundamental. Entende-se por “métricas de paisagens” algoritmos¹ que quantificam características espaciais de fragmentos isoladamente, em conjunto ou de todo o mosaico da paisagem (McGARIGAL et al., 2002).

Os parâmetros métricos são utilizados para mostrar, por exemplo, de que forma os fragmentos estão distribuídos ao longo da paisagem, qual o percentual da

¹ **Algoritmo**, em matemática, constitui o conjunto de processos para efetuar um cálculo.

paisagem ocupado pelo conjunto de fragmentos, qual proporção das áreas ocupadas por vegetação nativa está sob o chamado “efeito de borda”, etc. Os parâmetros métricos de paisagem podem ajudar a definir quais as melhores estratégias na escolha das áreas a serem protegidas e/ou recuperadas. Esses índices são calculados a partir de mapas categóricos: tipos de vegetação, classes de uso e ocupação de solos, unidades pedológicas, entre outros. Existem mais de uma centena de métricas divididas em categorias e que são utilizadas para estudos ecológicos (METZGER, 2003).

Apesar dos inúmeros trabalhos realizados na região tropical sobre a fragmentação, a maioria destes estudos está associada ao processo de isolamento de fragmentos florestais em regiões terrestres, resultantes da conversão da cobertura florestal por atividades humanas.

Tanto o processo de fragmentação e isolamento quanto às conseqüências ecológicas provocado pela formação de reservatórios ocasionados pela construção de usinas hidrelétricas para a produção de energia ainda é pouco estudado na Amazônia (LIMA, 2006).

O principal impacto na construção de usinas hidrelétricas é o alagamento de extensas áreas de vegetação para formação de reservatórios, provocando perdas substanciais de áreas florestadas, resultando na formação de centenas ou milhares de ilhas, com diferentes graus de isolamento, tamanho e formas geométricas (WU et al., 2003; 2004; LIMA, 2006) e contribuindo para a perda de habitat da vida silvestre, sendo responsáveis por diversos danos à fauna e flora terrestres gerando devastações e extinções (RODRIGUES, 2001).

Das principais usinas em funcionamento na Amazônia, a Usina hidrelétrica de Tucuruí, no estado do Pará e a Usina hidrelétrica de Balbina no estado do Amazonas, alagaram grandes áreas de floresta para a formação de reservatórios com a construção de suas barragens. A primeira tem um reservatório de 2.430 km² e a segunda de 2.360 km² (ELETROBRÁS, 1990).

O isolamento de ilhas de florestas resultantes da criação de reservatórios em usinas hidrelétricas na Amazônia oferece uma grande oportunidade para se estudar os efeitos da fragmentação e isolamento na comunidade que vive nestes fragmentos de floresta.

Das duas principais usinas em funcionamento na Amazônia, a Usina hidrelétrica de Tucuruí é a de interesse deste estudo, pois a formação do seu reservatório com a construção da barragem do rio, resultou em fragmentação da floresta contínua original.

A construção desta usina hidrelétrica criada na década de 80, no rio Tocantins no estado do Pará, provocou para a formação de um reservatório a inundação de uma área de 2.430 km² de área quase totalmente coberta por floresta. A formação do reservatório formou um arquipélago com mais de 1.600 ilhas nas áreas de topografia mais elevada que não foram inundadas (ELETRONORTE, 2000).

Nesse contexto o Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG), a Universidade Federal do Pará (UFPA) e o Instituto de Pesquisas Amazônicas (INPA) firmaram um convênio com as Centrais Elétricas do Norte (Eletronorte) para desenvolver o projeto *“Avaliação e Monitoramento das Comunidades de Vertebrados Terrestres”*, cujo objetivo principal é examinar os efeitos da fragmentação florestal na fauna e flora, resultante da formação do reservatório da Usina Hidrelétrica de Tucuruí a fim de estabelecer um programa monitoramento em longo prazo da biodiversidade para subsidiar a gestão da conservação.

Uma grande limitação na maioria dos estudos realizados na região tropical sobre fragmentação florestal é a falta de estudos que relacionem os aspectos da fragmentação florestal em escalas locais (fragmentos) e na escala da paisagem (TISCHENDORF; FAHRIG, 2000).

Alguns autores recomendam uma abordagem híbrida, associando a escala local e de paisagem. Este tipo de abordagem fornece mais informações a respeito da área de estudo, pois mostra efeitos de alcance local e de paisagem o que permitiria a integração da heterogeneidade espacial e do conceito de escala na análise ecológica, tornando esses estudos ainda mais aplicados para resolução de problemas ambientais (METZGER, 2003).

Nas últimas décadas muitos estudos têm sido realizados na Amazônia, procurando compreender a ligação entre as modificações físico-biológicas resultantes da fragmentação e seus efeitos nas comunidades naturais (LAURANCE, 2008).

A maior parte das informações existentes na literatura sobre fragmentação na Amazônia foi obtida no “Projeto Dinâmica Biológica de Fragmentos Florestais” (PDBFF), realizado no estado do Amazonas desde 1979.

O projeto tem gerado vários estudos com diferentes grupos, incluindo plantas, insetos, anfíbios, aves e mamíferos (KLEIN, 1989; TOCHER; GASCON; ZIMMERMAN, 1997; LAURANCE et al., 1998; GASCON et al., 1999).

O PDBFF surgiu da necessidade de se determinar qual o tamanho mínimo de uma área fragmentada que isolada, pudesse manter os padrões físico-biológicos da floresta Amazônica, baseando-se no modelo da teoria de Biogeografia de Ilhas.

Desta forma foram criados diversos fragmentos florestais de diferentes tamanhos 1, 10 e 100 hectares a fim de comparar os efeitos da fragmentação e isolamento das variáveis físico-biológicas em relação à floresta contínua.

Após alguns anos os resultados obtidos deste projeto, começaram a demonstrar que os fragmentos isolados não se comportavam como ilhas oceânicas, mas tinham uma intensa interação com a matriz circundante, que no início era pastagem e depois passou a ser vegetação secundária de diferentes idades, resultando em uma dinâmica entre o fragmento e a matriz, um processo não previsto na teoria de Biogeografia de Ilhas.

O modelo da teoria de Biogeografia de ilhas pode ser aplicado para estudos em ilhas formadas com criação de Reservatórios resultantes da construção de Usinas Hidrelétricas.

A inundação de grandes áreas naturais para a construção de barragens tem contribuído de forma significativa por danos à fauna e flora, constituindo um sério problema ambiental (FEARNSIDE, 2002; PAVAN, 2002).

Estudos realizados para testar o efeito da fragmentação da floresta e isolamento das ilhas formadas pelo enchimento dos reservatórios de usinas hidrelétricas ainda são escassos (LIMA, 2006; BITTENCOURT, 2008).

Terborgh, Lopez e Tello (1997) estudando a comunidade de aves no Reservatório Guri na Venezuela, demonstraram que houve uma redução no número de espécies em ilhas pequenas e médias, quando comparadas com ilhas grandes,

sugerindo que esta redução estar associada ao aumento dos predadores e a falta habitats específicos para a nidificação.

Cosson et al. (1999) estudando morcegos frugívoros e nectarívoros em um reservatório da Guiana Francesa, demonstrou uma mudança na abundância e riqueza de espécies em relação ao tamanho das ilhas, sugerindo que nas ilhas menores haveria uma menor disponibilidade de alimento que nas maiores.

Na Amazônia brasileira estão planejadas 79 empreendimentos hidrelétricos (ELETROBRÁS, 1987), sendo que das 19 hidrelétricas brasileiras em estudos de viabilidade, nove se localizam na Bacia Amazônica (ELETROBRÁS, 2008).

Na Amazônia brasileira, alguns estudos sobre o efeito da fragmentação e isolamento em ilhas em reservatórios de usinas hidrelétricas têm sido desenvolvidos. Na UHE de Tucuruí, através do projeto “*Avaliação e Monitoramento das Comunidades de Vertebrados Terrestres*”, estudos foram desenvolvidos como os de Lima (2006) que estudou anfíbios nas ilhas deste reservatório e demonstrou uma relação significativa da riqueza de espécies em relação ao tamanho das ilhas estudadas.

Bittencourt (2008) demonstrou que o grau de isolamento das ilhas do reservatório de Balbina no Amazonas é o principal fator que diferencia a composição de espécies da comunidade de lagartos nas ilhas.

O conhecimento dos efeitos do impacto da formação do reservatório de Tucuruí na comunidade de lagartos em escala local complementa o estudo realizado em nível de paisagem.

1.1 LAGARTOS

O grupo em estudo é constituído por espécies ectotérmicas dependentes das trocas físicas com o ambiente, essas diferentes preferências térmicas das espécies limitam o uso dos habitats pelos lagartos e as horas do dia em que estão ativos.

Os lagartos ou sáurios constituem uma sub-ordem de répteis escamados, sendo caracterizados pela presença de quatro patas, o que os distingue da sub-

ordem serpentes, possuem pálpebras e ouvido externos. Os lagartos são animais adaptáveis que vivem em regiões que variam desde florestas a regiões desérticas, possuem hábitos que variam de arborícola à fossório, são desde herbívoros a eficientes predadores. Estas características permitem sua sobrevivência em ecossistemas que apresentam flutuações na disponibilidade de recursos (POUG; JANIS; HEISER, 2003).

De acordo com uma revisão feita por Ávila-Pires (1995) existe 89 espécies de lagartos Amazônia brasileira que estão distribuídas em nove famílias. Algumas espécies são restritas às áreas abertas da Amazônia e outras à de Cerrado, do resto do Brasil. Enquanto que outras estendem sua área de distribuição até o sul da Amazônia, sempre ao longo de florestas de galeria, exercendo assim, uma certa fidelidade ao meio onde vivem. A comunidade de lagartos é considerada um bom modelo para estudos ecológicos, por serem animais relativamente fáceis de estudar; apresentarem variações morfológicas e comportamentais; algumas espécies habitam-se á presença humana; outras são comuns podendo ser coletadas para estudos morfológicos, alimentares ou fisiológicos sem que haja prejuízo na população silvestre (POUG; JANIS; HEISER, 2003; VITT et al., 2008).

As variações estruturais dos habitats e a fragmentação podem influenciar a distribuição destes animais em várias escalas (SCHLAEPFER; GAVIN, 2001). Colli et al. (2003) e Silvano et al. (2003) enfatizam que os efeitos da fragmentação sobre a herpetofauna variam entre os ambientes estudados.

Devido as suas especialidades ecológicas há espécies de lagartos que preferem áreas com ambientes abertos e aqueles que preferem áreas com maior cobertura vegetal (VANZOLINI, 1963), podendo influenciados por mudanças na paisagem.

Existem alguns estudos envolvendo respostas dos lagartos á fragmentação (SARRE; SMITH; MEYERS, 1995; DIXO, 2001; COLLI, 2003; COLLI et al., 2003; SILVANO et al., 2003; BELL; DONNELLY, 2006; SILVA, 2005; CARVALHO-JR et al., 2008; BITTENCOURT, 2008), especialmente nas regiões tropicais onde se tem verificado um aumento do processo de fragmentação. No entanto, a maioria desses estudos ocorreu em regiões continentais, sendo, portanto necessário a realização de estudos ecológicos na comunidade de lagartos em áreas fragmentadas por formação de reservatórios.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Caracterizar espacialmente os fragmentos (ilhas) florestais remanescentes do reservatório da UHE Tucuruí, na região da Área de Proteção Ambiental (APA), através do uso de métricas de paisagem a fim de determinar sua viabilidade de manter a biota local e avaliar a riqueza, abundância e composição de espécies da comunidade de lagartos em ilhas de diferentes tamanhos e grau de isolamento no reservatório da UHE de Tucuruí, no estado do Pará.

2.1.1 Objetivos específicos

a) Testar diferenças no tamanho total, no tamanho da área nuclear, no total de bordas e grau de isolamento em relação à posição de algumas ilhas nas margens do reservatório da Hidrelétrica de Tucuruí, Pará;

b) Testar diferenças na riqueza, abundância e composição de espécies da comunidade de lagartos em relação à posição das ilhas nas margens do reservatório da UHE de Tucuruí;

c) Testar diferenças na riqueza, abundância e composição de espécies de lagartos em relação ao tamanho e grau de isolamento das ilhas do reservatório da UHE de Tucuruí;

d) Testar diferenças na riqueza e abundância de espécies de lagartos em relação à estrutura de vegetação das ilhas no reservatório da UHE de Tucuruí.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

O presente estudo foi realizado em fragmentos (ilhas) de floresta na área de influência do reservatório de Tucuruí, município de Tucuruí, cerca de 7 km a montante da cidade de Tucuruí (3º 43' e 5º 15' S; 49º 12' e 50º 00' W) no estado do Pará (Figura 1).

Estes fragmentos (ilhas) são remanescentes de floresta contínua que foi alagada durante a formação do reservatório no rio Tocantins, em setembro de 1984, sendo que o enchimento do reservatório prolongou-se até março de 1985. O reservatório formado situado na cota 72 metros inundou uma área de 2.430km², incluindo mais de um terço da Terra Indígena Parakanã, formando cerca de 1.600 ilhas (FEARNSIDE, 1999; ELETRONORTE, 2000) (Figura 2).

A Usina está localizada no trecho inferior do Rio Tocantins, na bacia do rio Tocantins-Araguaia, a 350 km ao sul de Belém. O local onde foi implantada a barragem situa-se ao final de um longo trecho encachoeirado, podendo ser dividida em três unidades de relevo: Planalto Setentrional Pará-Maranhão, Planalto rebaixado do Amazonas e Depressão Periférica do Sul do Pará (ELETRONORTE, 2000).

A área de influência do reservatório de Tucuruí é uma Área de Proteção Ambiental (APA), criada pela Lei n. 6451/02 da Secretaria de Ciência e Tecnologia e Meio Ambiente do Estado do Pará (SECTAM/PA). Esta APA é constituída por um mosaico de Unidades de Conservação, composta por duas Zonas de Preservação de Vida Silvestre (ZPVS – antigas áreas de soltura), uma Reserva de Desenvolvimento Sustentável (RDS), Terras Indígenas, Comunidades de Pescadores e Assentamentos (ELETRONORTE, 2000) (Figura 3).

A vegetação predominante antes da formação do reservatório era a floresta ombrófila densa e aberta, florestas densas aluviais e formações pioneiras (ELETRONORTE, 2000). Com a submersão de grandes áreas de floresta para a formação do reservatório, as partes mais elevadas transformaram-se em ilhas

artificiais com diferentes tamanhos, contribuindo para a perda de habitat e extinção de espécies de fauna e flora. Hoje, a formação típica dos remanescentes florestais é caracterizada por florestas abertas com cipós e palmeiras.

O clima da região é classificado como tendo duas estações bem definidas: um período chuvoso de dezembro a maio, com chuvas intensas e totais mensais atingindo valores de entre 500-600 mm e outro período seco de junho a novembro, com uma estiagem pronunciada em agosto e setembro, quando a precipitação é tipicamente da ordem de 30 mm. Por ser uma localidade próxima ao Equador, as temperaturas são altas durante o ano inteiro com médias mensais superiores a 24°C. A pluviosidade anual é superior a 2500 mm (SANCHES; FISCH, 2005).

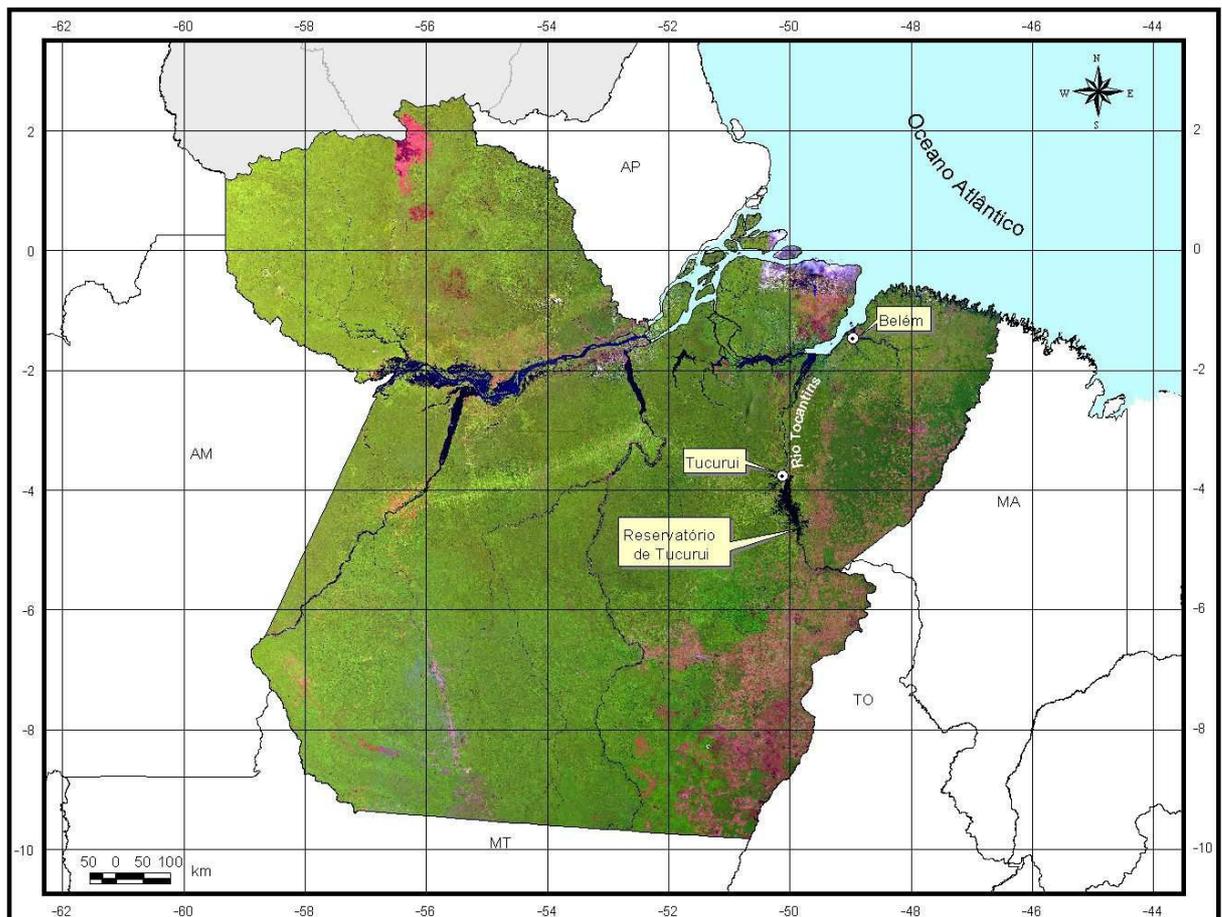


Figura 1 – Imagem de satélite mostrando a localização do Reservatório da Usina Hidrelétrica de Tucuruí no estado do Pará.

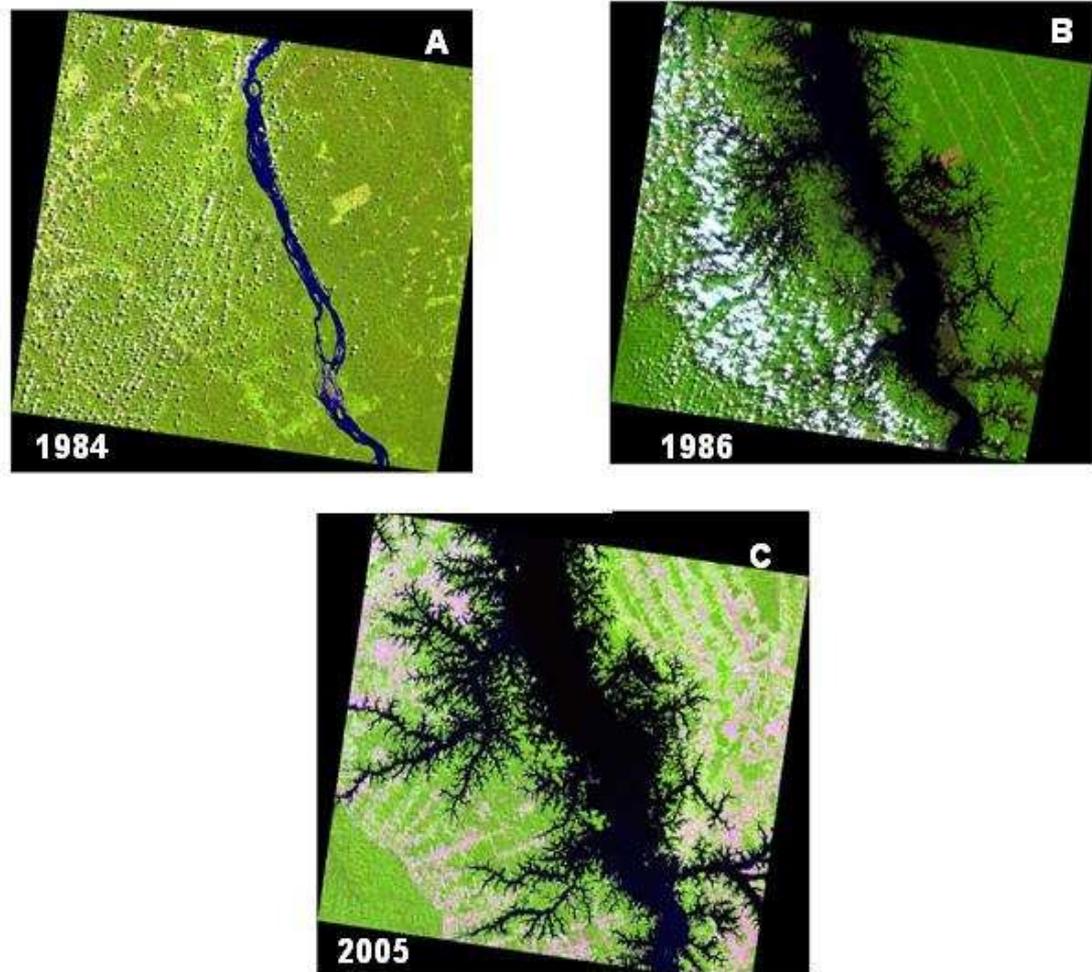


Figura 2 – Imagem de satélite mostrando o trecho do rio Tocantins antes da formação do Reservatório de Tucuruí: (A) o processo de enchimento do reservatório, provocando o isolamento das partes mais altas da floresta de terra firme (B) o mosaico atual de ilhas de Tucuruí (C).

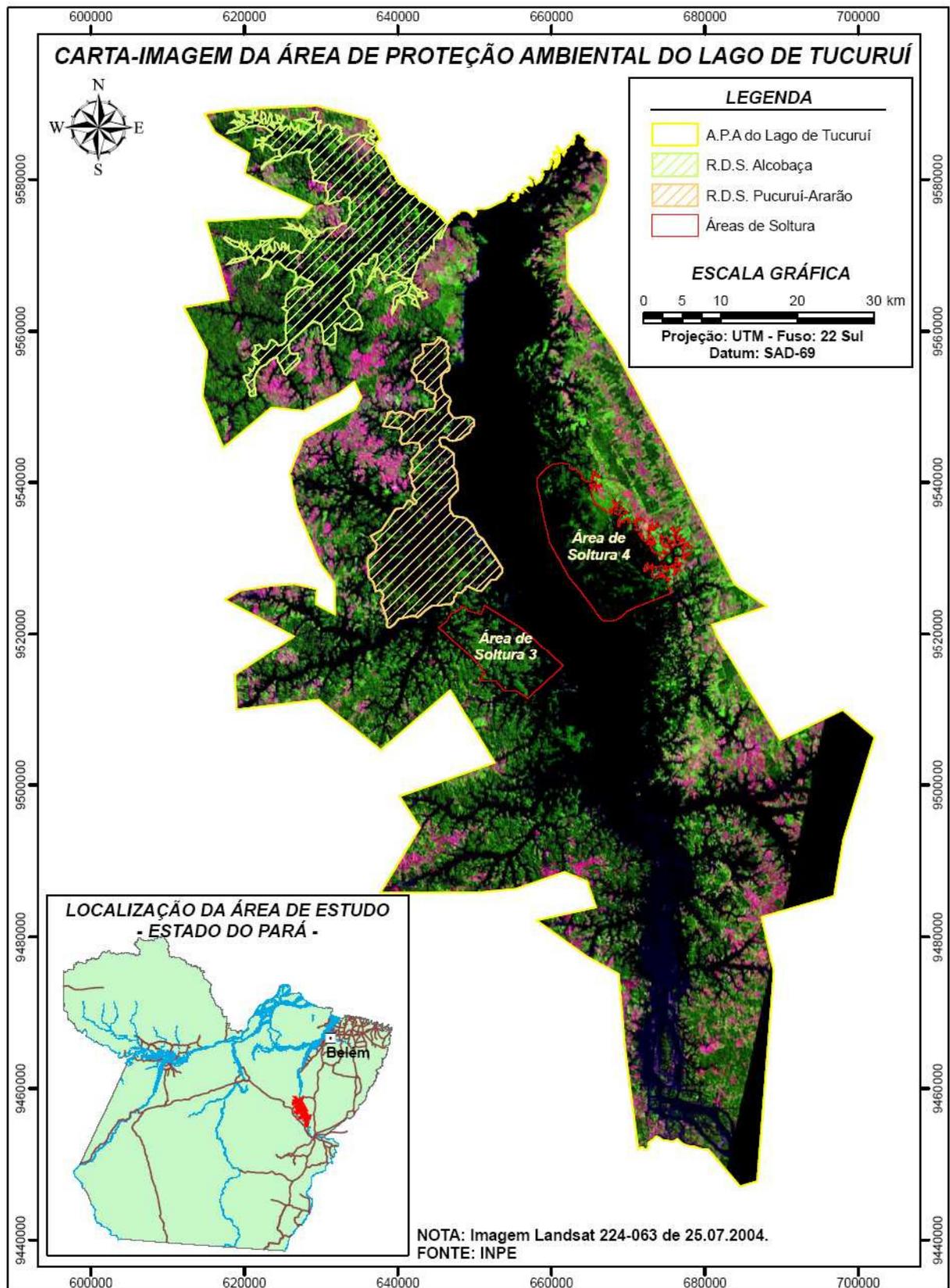


Figura 3 – Imagem de satélite mostrando os limites da Área de Proteção ambiental (APA), as Reservas de Desenvolvimento Sustentável (RDS) e as Áreas de Soltura do Reservatório da Usina de Tucuruí (Fonte: Galatti, 2008).

3.2 COLETA DE DADOS

3.2.1 Métricas de Paisagem

O desenvolvimento deste estudo foi baseado na utilização do geoprocessamento disponibilizados em SIG (Sistema de informação geográfica) e processamento estatístico das métricas de paisagem. O geoprocessamento permite utilizar ferramentas e técnicas para estudos em diversas escalas á medida que estejam disponíveis em imagens².

As ilhas foram selecionadas usando imagem de Satélite ETM/Landsat 7 (224_63) de 2005, na projeção UTM (Zona 22) e Datum SAD69 (Figura 4).

² **Imagens** representam formas de captura indireta de informação espacial, armazenadas como matrizes, cada elemento de imagem ("pixel") tem um valor proporcional á energia eletromagnética emitida ou refletida pela área da superfície terrestre correspondente (CÂMARA; CASANOVA; HEMERLY, 1996).

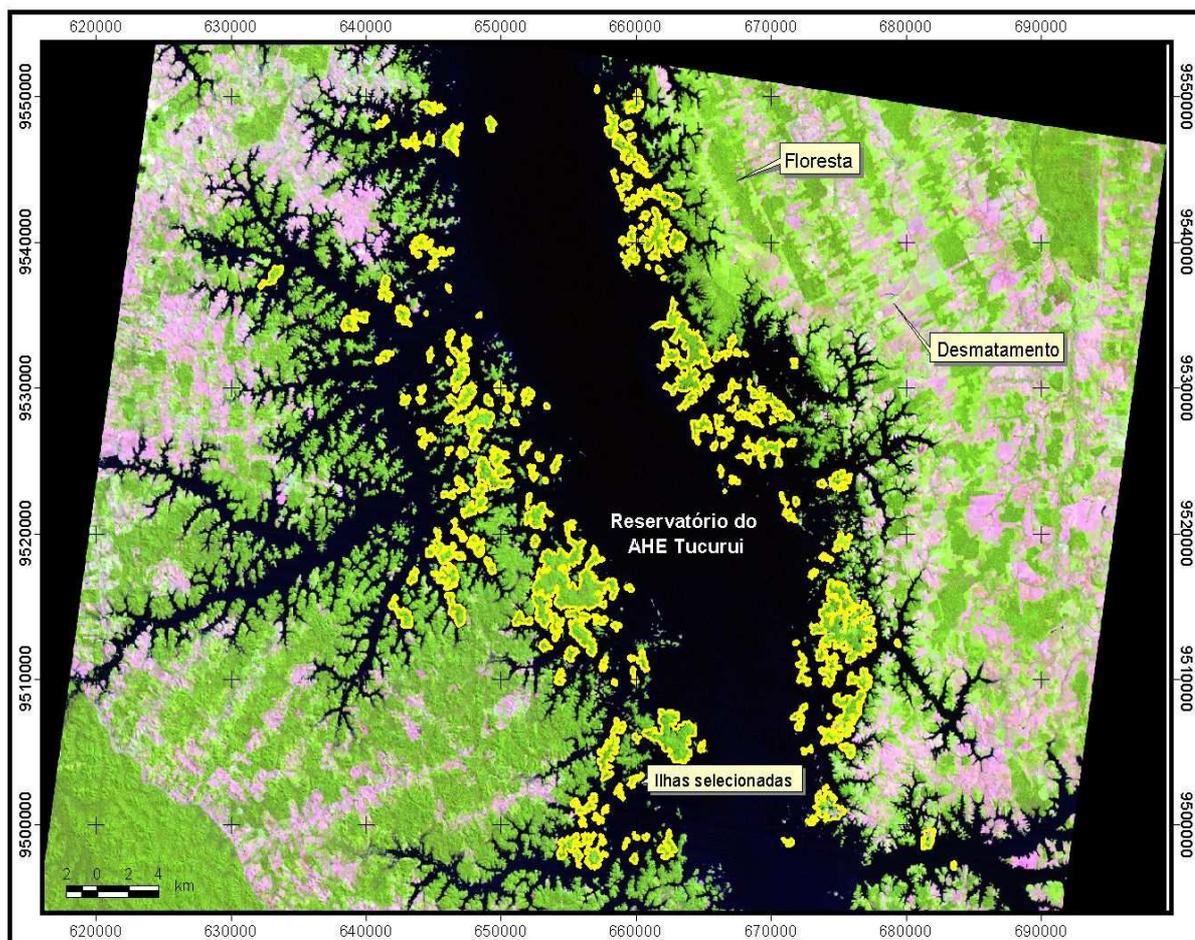


Figura 4 – Imagem de satélite mostrando as ilhas no reservatório de Tucuruí analisadas neste estudo.

Os limites vetoriais das ilhas foram desenhados manualmente na imagem de satélite diretamente no monitor do computador usando o programa de geoprocessamento ArcGis 9.2 (ESRI, 2006) (Figura 5).

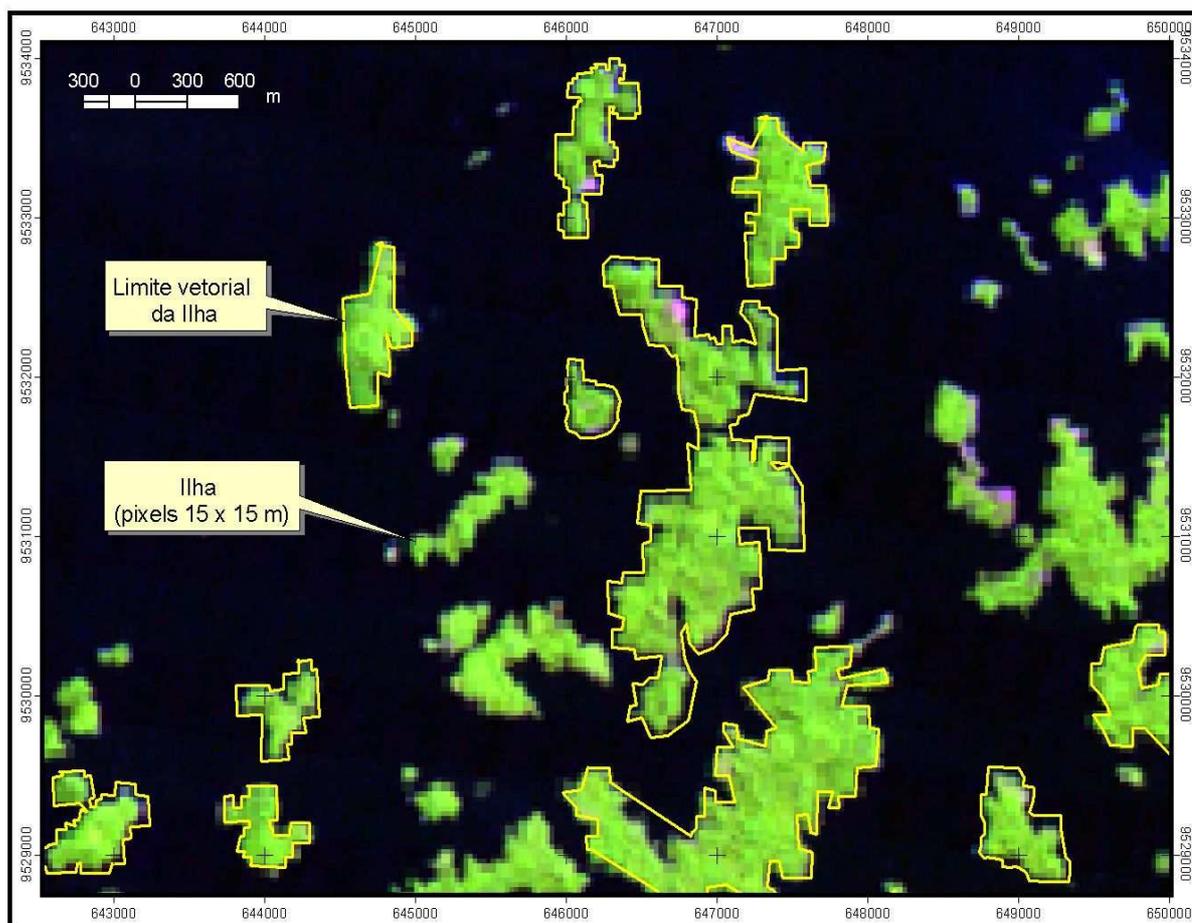


Figura 5 – Imagem de satélite mostrando as ilhas de floresta (verde) no reservatório do UHE Tucuruí (fundo preto) e os limites vetoriais usados para desenhar o formato das ilhas.

Na imagem de satélite foram mapeadas 199 ilhas em ambas as margens do Reservatório. Os critérios para a escolha das ilhas foram à posição (margem do reservatório), tamanho, forma geométrica e grau de isolamento das ilhas.

Para a análise espacial utilizou-se a extensão *V-LATE1*, constituído por um conjunto de ferramentas que auxiliam as análises da paisagem, usando como ferramenta as chamadas “*métricas da paisagem*”.

As métricas de paisagem são agrupadas em duas categorias: os *índices de composição*, que dão uma idéia de quais unidades estão presentes na paisagem, da riqueza dessas unidades e da área ocupada por elas e os *índices de disposição*, que quantificam o arranjo espacial dessas unidades em termos de grau de fragmentação: grau de isolamento e conectividade de manchas, formato e complexidade de formas de manchas que compõem o mosaico da paisagem (METZGER, 2003).

As métricas utilizadas neste estudo foram escolhidas em função do objetivo do estudo, ou seja, a quantificação da paisagem para analisar as ilhas de floresta no reservatório da UHE Tucuruí.

As métricas de paisagem usadas neste estudo foram:

A - Métrica de bordas

Vários fenômenos ecológicos se caracterizam pela informação sobre as bordas (que pode caracterizar pelo padrão espacial o efeito de borda) e conforme os estudos mais recentes, este é uma das principais métricas estudadas em fragmentação. A métrica de borda usada neste estudo foi: **TOTAL EDGE** - Total de bordas do fragmento balanceado pelo tamanho do fragmento.

B – Métrica de forma

O tamanho dos fragmentos pode influenciar inúmeros processos ecológicos, tais como, a migração de pequenos animais ou a colonização de plantas. O principal aspecto do tamanho é a relação com o efeito de borda. A métrica de forma usada neste estudo foi: **TAMANHO DO FRAGMENTO**.

C – Métrica de vizinhança

São métricas que se baseiam na distância de vizinho mais próximo. Vizinho mais próximo é definido com o a distância de um fragmento para o fragmento que está à sua volta e baseado na distância borda-a-borda. Estas métricas quantificam a configuração da paisagem. A proximidade entre os fragmentos é importante para os processos ecológicos, e tem implícito em seus resultados o grau de isolamento dos fragmentos. A métrica de vizinhança usada neste estudo foi: **NEAR** – distância do vizinho mais próximo que usa a distância euclidiana borda-a-borda entre o fragmento e o mais próximo de mesma classe.

D – Métricas de Área Central (Área Nuclear; Core Area).

Área central do fragmento florestal é definida como a área dentro de um fragmento separada da borda por uma distância pré-definida. Neste estudo foi usada

a distância de 60 metros, pois segundo a maioria dos estudos é à distância onde ocorrem as maiores taxas de mortalidade de danos em árvores (FERREIRA; LAURANCE, 1997) e onde se concentram as maiores variações micro-climáticas que alteram drasticamente as condições do fragmento florestal (LAURANCE, 2008).

Esta tem sido uma das métricas mais importantes da qualidade de habitats, pois muitas espécies de plantas e animais não suportam o efeito de borda em fragmentos florestais e desaparecem. Para se entender o problema das áreas centrais, pode-se pensar que certos fragmentos têm bastante área – o suficiente para manter uma dada espécie – mas não têm área central capaz de permitir uma manutenção daquela espécie (VOLOTÃO, 1998). A métrica de área central usada nesta dissertação é: **CORE AREA** – área central (sem efeito de borda de 60 metros).

3.2.2 Amostragem de Lagartos

Foram selecionados 12 fragmentos (ilhas) de diferentes tamanhos e grau de isolamento, dentro dos limites das duas Zonas de Proteção de vida Silvestre (ZPVS – antigas áreas de soltura) na área de influência do reservatório, sendo seis na margem direita e seis na margem esquerda. O tamanho das áreas variou de 3 a 2140 hectares, sendo que as duas áreas maiores na margem esquerda são representadas por uma ilha enquanto que na margem direita estas áreas estão conectadas com a terra firme através de um ístimo (Tabela 1 e Figura 6).

Tabela 1 – Fragmentos (Ilhas) usados na amostragem da comunidade de lagartos em função de sua posição na margem, tamanho e isolamento do Reservatório da UHE Tucuruí.

Fragmento (Ilhas)	Margem	Área (ha)	Isolamento (m)
Ilha 1	Direita	855	0
Ilha 2	Direita	855	0
Ilha3	Direita	3	6700
Ilha4	Direita	6	4200
Ilha 5	Direita	72	5000
Ilha 6	Direita	82	1000
Ilha 1	Esquerda	2140	400
Ilha 2	Esquerda	2140	400
Ilha 4	Esquerda	13	5000
Ilha 3	Esquerda	10	1400
Ilha 5	Esquerda	207	6200
Ilha 6	Esquerda	186	2100

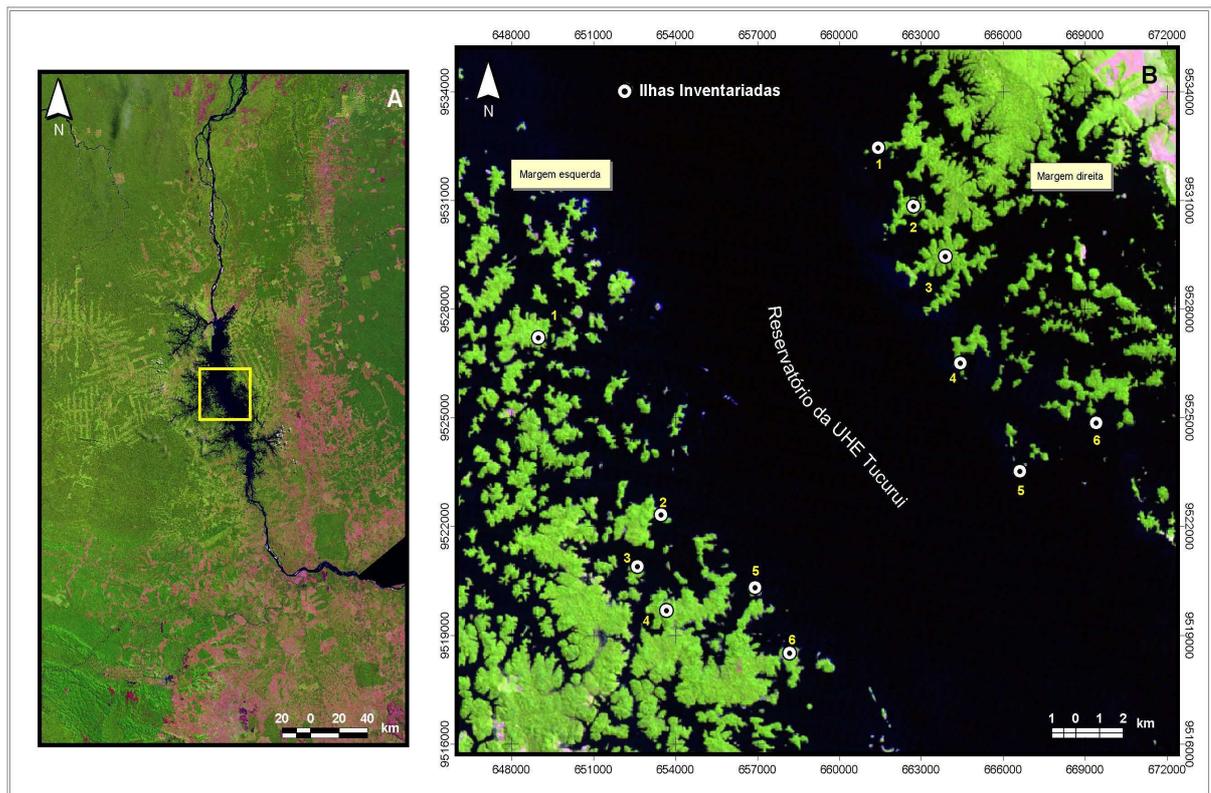


Figura 6 – Imagem de satélite, mostrando a localização do reservatório Tucuruí (A) e das áreas de amostragem (B) nas duas margens do reservatório.

Os dados foram obtidos em cinco campanhas realizadas entre janeiro a julho de 2005, cada campanha teve a duração de 12 dias e com intervalos de 20 a 30 dias entre elas.

As atividades de coleta e transporte do material biológico foram autorizadas pela Secretaria Executiva de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente - SECTAM através da Diretoria do Meio Ambiente – DAM Autorização nº 123/2005.

A comunidade de lagartos foi amostrada usando dois métodos: caminhadas em transectos e armadilhas de interceptação e queda³ (CECHIN; MARTINS, 2000).

Foi estabelecido um transecto de 600m de comprimento (Figura 7). No transecto os animais foram amostrados por procura ativa com a inspeção de todos os ambientes possíveis de se encontrar espécies de lagartos (superfície do solo, serrapilheira⁴, arbustos e troncos caídos), este método tem um efeito maior sobre as espécies arborícolas.

³ Consiste de recipientes enterrados no solo (pitfalls) e interligados por cercas-guia (drift fence).

⁴ Importante componente do ecossistema florestal compreendendo o material precipitado ao solo pela biota, o qual inclui principalmente folhas, frutos, flores, galhos, raízes e resíduos animais.

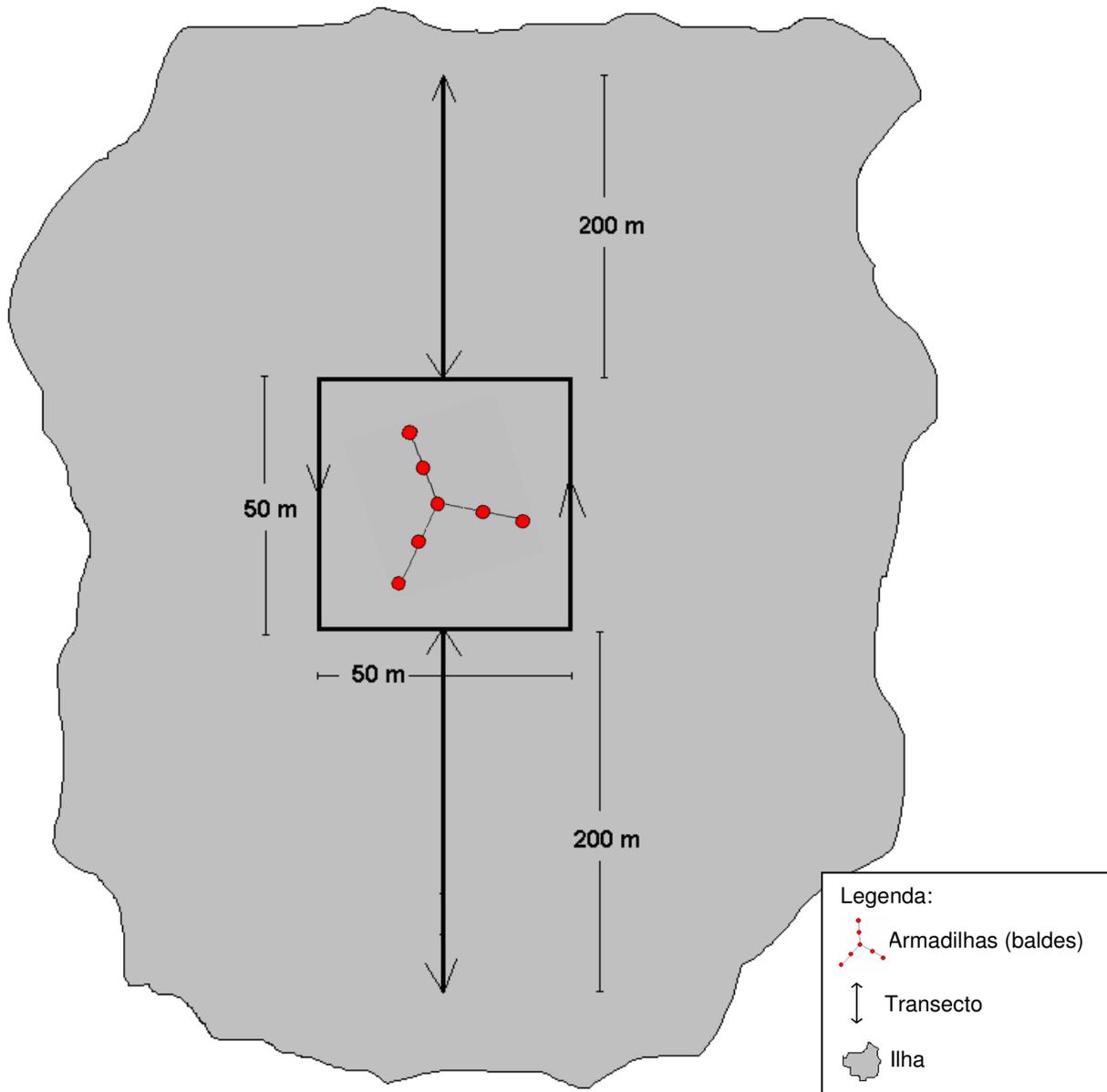


Figura 7 – Representação esquemática da posição dos transectos e das armadilhas de interceptação e queda usada na amostragem da comunidade de lagartos do reservatório da UHE-Tucuruí, Pará.

No centro do transecto foi instalada uma armadilha de interceptação e queda com uma cerca guia “pitfall traps” com “drift fence” (Figura 8), para a complementação da amostragem por transectos, principalmente das espécies de serrapilheira que muitas vezes não são contempladas pelo método de transecto.



Figura 8 – Esquema de uma das armadilhas de interceptação e queda instalada para a captura de lagartos nas ilhas selecionadas no Reservatório de Tucuruí, Pará.

Os animais coletados durante cada campanha, receberam um número de campo e foram identificados ao nível de espécie. Indivíduos com situação taxonômica duvidosa foram transportados ao laboratório onde, foram mortos e fixados em formaldeído 10% e depois de 24 horas, conservados em álcool a 70%. Todos os exemplares foram depositados na Coleção Herpetológica do Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG-21881 a MPEG-21894; MPEG-22379 a MPEG-22413).

3.2.3 Amostragem da Estrutura de Vegetação

As variáveis de estrutura de vegetação analisadas nesse estudo foram: Abertura do dossel, densidade de árvores, número de troncos caídos e volume de serrapilheira.

Em cada ilha, em 2007 foi feita uma parcela de 20m x 20m, dentro de cada parcela foram medidas todas as árvores com diâmetro altura do peito (DAP) ≥ 5 cm e contados todos os troncos caídos.

Para estimar a medida da abertura do dossel (%), foram utilizadas imagens fotográficas digitais tomadas do dossel da floresta na parcela em cada ilha, as imagens foram exportadas e transformadas em *raster* (grid) para cálculo da proporção de *pixels* (pontos) de áreas de luz e das áreas com vegetação usando o programa ArcGis 9.2

O volume de serrapilheira foi medido com uma régua graduada usando um quadro de 0,5 m x 0,5 m nos quatro vértices da parcela de 20 m x 20 m, sendo a média utilizada para os cálculos estatísticos.

3.3 ANÁLISE DOS DADOS

O tamanho total, tamanho da área nuclear (core área), forma geométrica (total de borda balanceado pela área da ilha), grau de isolamento e a distância ao vizinho mais próximo das ilhas de floresta no reservatório da UHE Tucuruí (variáveis dependentes), em relação à margem do reservatório (fator), foram testados usando teste t de Student. As variáveis dependentes foram transformadas em Log10 para normalização dos dados (ZAR, 1999).

A proporção da perda de área da ilha em função do efeito de borda em relação do tamanho total da ilha foi testada usando regressão simples, sendo o tamanho da ilha transformada em Log10 para normalização dos dados (ZAR, 1999).

Para testar o número de espécies e a abundância total de indivíduos em relação ao tamanho das ilhas, foi usada a análise de regressão linear simples, sendo o tamanho total e o grau de isolamento das ilhas transformado para Log10 (ZAR, 1999).

Para testar a diferença de riqueza de espécies entre as campanhas realizadas foi usada a análise de variância simples (ZAR, 1999).

Para estimar a riqueza da comunidade de lagartos nas ilhas foi utilizado o estimador Jackknife 1, usando o Programa EstimateS (COLWELL, 1997).

Para comparar a composição e agrupamento de espécies da comunidade de lagartos entre as margens do reservatório da UHE Tucuruí, foi utilizada a análise de

coordenadas principais (PCoA), os dados foram através da medida de distância Bray-Curtis.

A curva de novas espécies nas ilhas encontradas foi calculada em função do número dos dias de coleta em cada campanha. Para as demais análises estatísticas foi utilizado o programa Systat 10 (SPSS, 2000) e as hipóteses nulas foram rejeitadas em valores $p \leq 0,05$.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CARACTERIZAÇÃO DO MOSAICO ATRAVÉS DO USO DE MÉTRICAS DE PAISAGEM

A fragmentação gerada pela formação do reservatório de Tucuruí provocou grande modificação na paisagem na região do rio Tocantins, formando um mosaico de milhares de ilhas nas duas margens do reservatório.

Atualmente o reservatório de Tucuruí é formado por um mosaico de milhares ilhas com diferentes tamanhos, forma e grau de isolamento. Metzger (1997) e Viana e Pinheiro (1998) demonstraram que os padrões de mudança na riqueza e composição de espécies em fragmentos florestais estão relacionados com esses parâmetros.

4.1.1 Tamanho total, área Nuclear e total de bordas das ilhas analisadas

O tamanho total das ilhas analisadas ($t = -1,351$; $p = 0,178$), o tamanho da área nuclear nas ilhas ($t = -1,167$; $p = 0,245$) e no total de borda das ilhas ($t = -1,345$; $p = 0,180$) analisadas neste estudo não diferiu significativamente em relação às margens do reservatório da UHE Tucuruí. (Figura 9 – A/B/C).

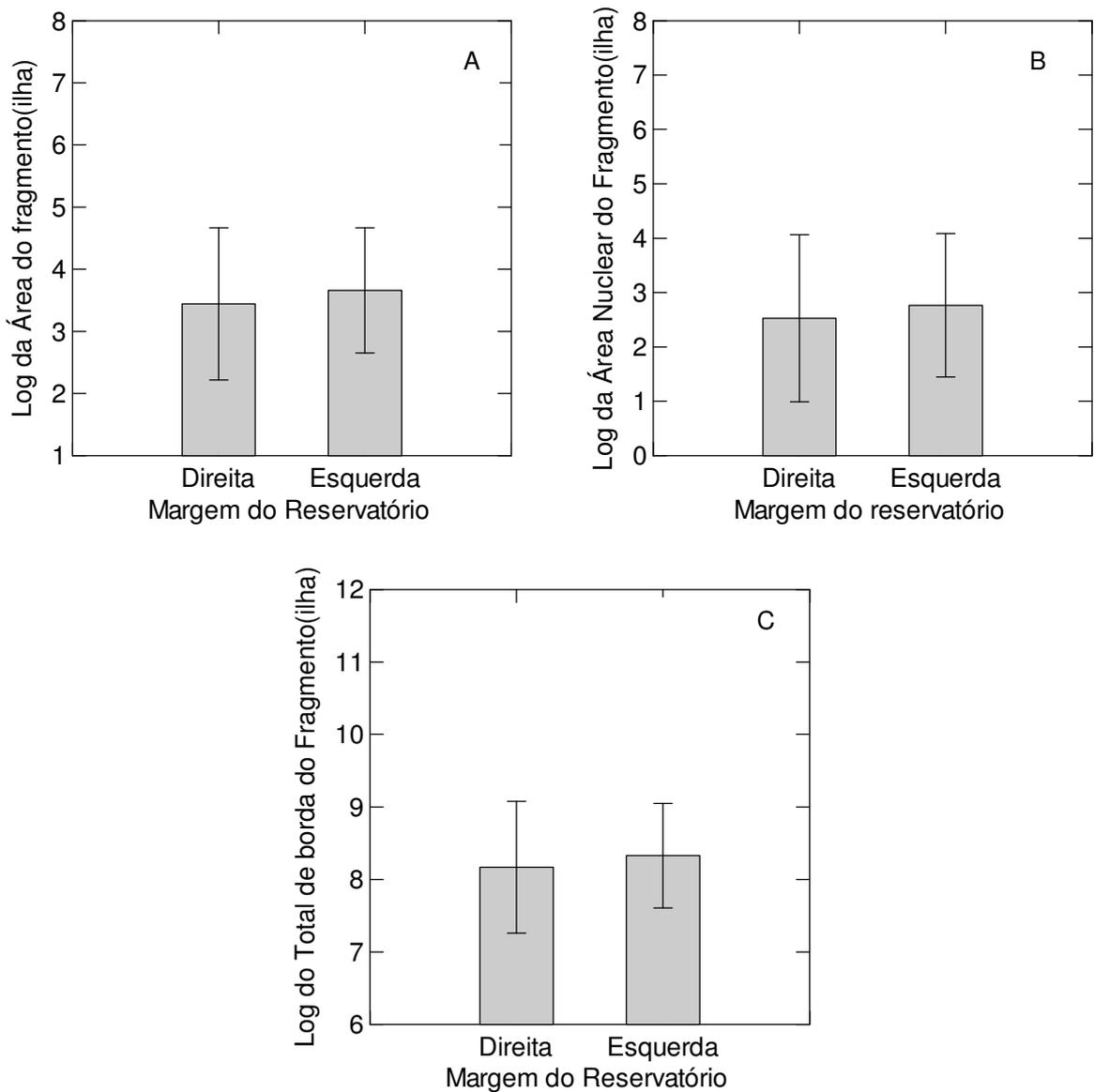


Figura 9 – Log do tamanho total (A), tamanho da área nuclear (B) e do total de borda (C) nas ilhas analisadas neste estudo no Reservatório da UHE de Tucuruí, Pará.

O tamanho das ilhas variou de 3 a 1.768 hectares. Contudo, a maioria das ilhas tem tamanhos pequenos, sendo que 36,7% do total de ilhas analisadas têm até 10 hectares de tamanho (Tabela 1).

Em relação a ilhas com mais de 100 hectares de tamanho, das 199 ilhas analisadas neste estudo, somente 34 ilhas (17,1% do total) têm áreas superiores a 100 hectares e destas, somente quatro ilhas (2% do total) tem áreas superiores a 500 hectares, sendo duas com mais de mil hectares, uma na margem esquerda e outra na margem direita do reservatório (Tabela 2 e Figura 10).

Tabela 2 – Número, proporção total e acumulativa de ilhas em relação às classes de tamanho.

Classes de Tamanho (ha)	Nº total de ilhas	% total de Ilhas	% acumulativa de Ilhas
10	73	36,7	36,7
20	28	14,1	50,8
30	19	9,5	60,3
40	14	7,0	67,3
50	10	5,0	72,4
60	3	1,5	73,9
70	4	2,0	75,9
80	4	2,0	77,9
90	10	5,0	82,9
	165	82,9	
100	22	11,1	94,0
200	6	3,0	97,0
300	2	1,0	98,0
500	2	1,0	99,0
1000	2	1,0	100,0
	34	17,1	

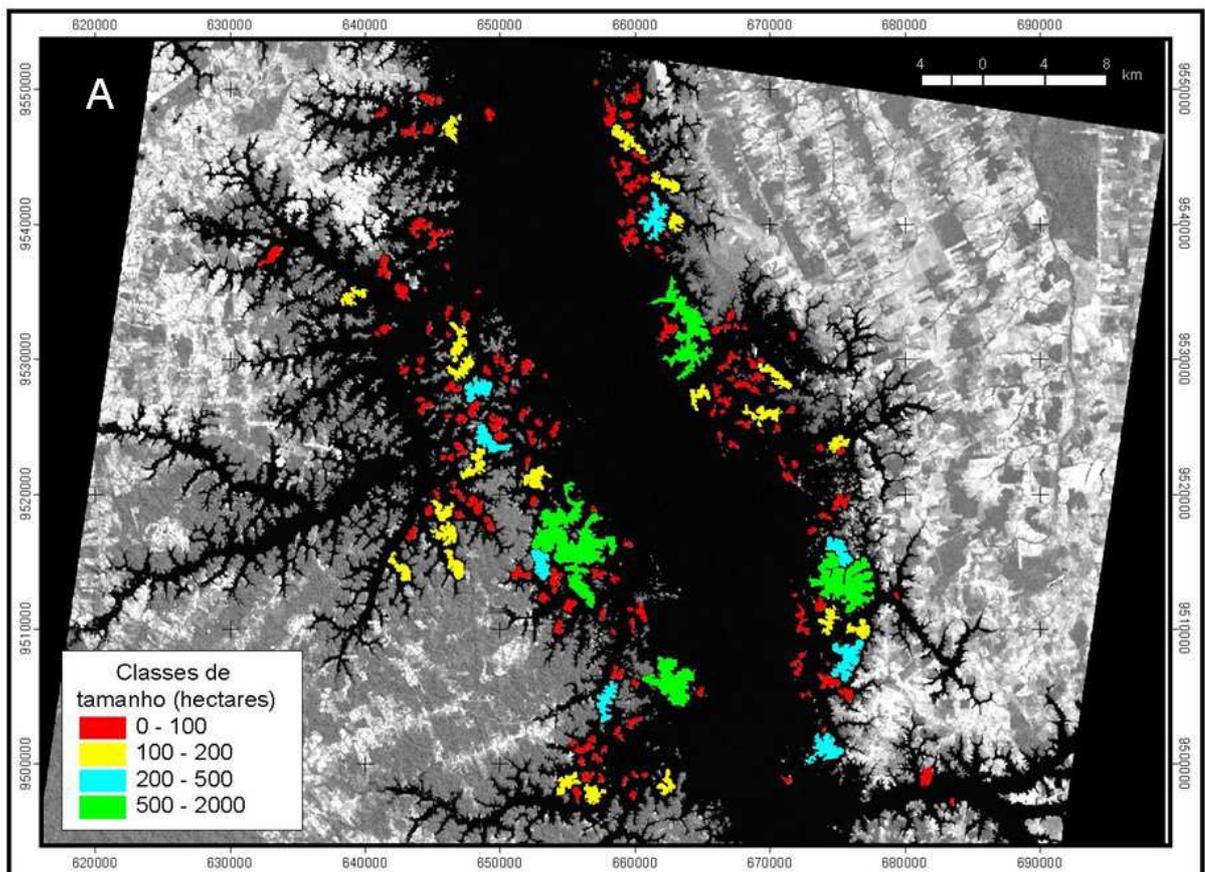


Figura 10 – Distribuição das ilhas do UHE Tucuruí em relação às classes de tamanho total.

Foi verificado que o tamanho total das ilhas, o tamanho total da área nuclear e total de bordas das ilhas não diferiu significativamente entre as margens do reservatório.

Isto tem implicações importantes no programa de conservação deste Projeto, haja vista que alguns estudos têm demonstrado que o rio Tocantins é uma importante barreira geográfica na distribuição de algumas espécies (COLTRO-JR 2003).

Estudos com fragmentação têm mostrado a importância do tamanho dos fragmentos para a existência e manutenção da fauna e flora (TOCHER; GASCON; ZIMMERMAN, 1997; METZGER, 2001; COLLI et al., 2003).

O reservatório da usina hidrelétrica de Tucuruí é formado por ilhas pequenas (menores que 20 hectares), o que pode levar a sérios impactos na fauna e flora, pois essas ilhas tendem a não suportar populações viáveis de espécies em longo prazo (NOSS, 1996).

Houve diferença significativa na proporção de perda do tamanho da ilha em relação ao efeito de borda ($F_{[1,197]} = 449,42$; $p = 0,0001$) que variou de 22% a 100% (Figura 11).

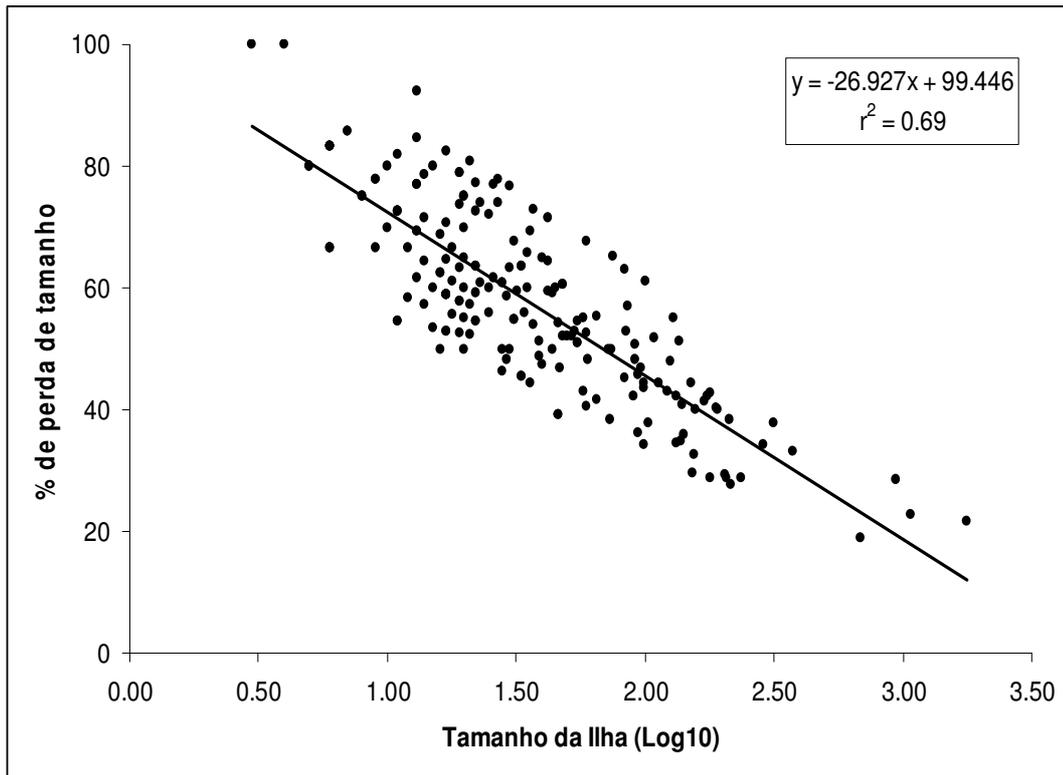


Figura 11 – Relação entre a % de perda de área da ilha em relação ao Log do tamanho total.

A maior parte das ilhas tem grande impacto da perda de área, devido ao efeito de borda, mais de 144 ilhas (72% do total) tiveram seu tamanho reduzido entre 50% e 100% (Figura 12).

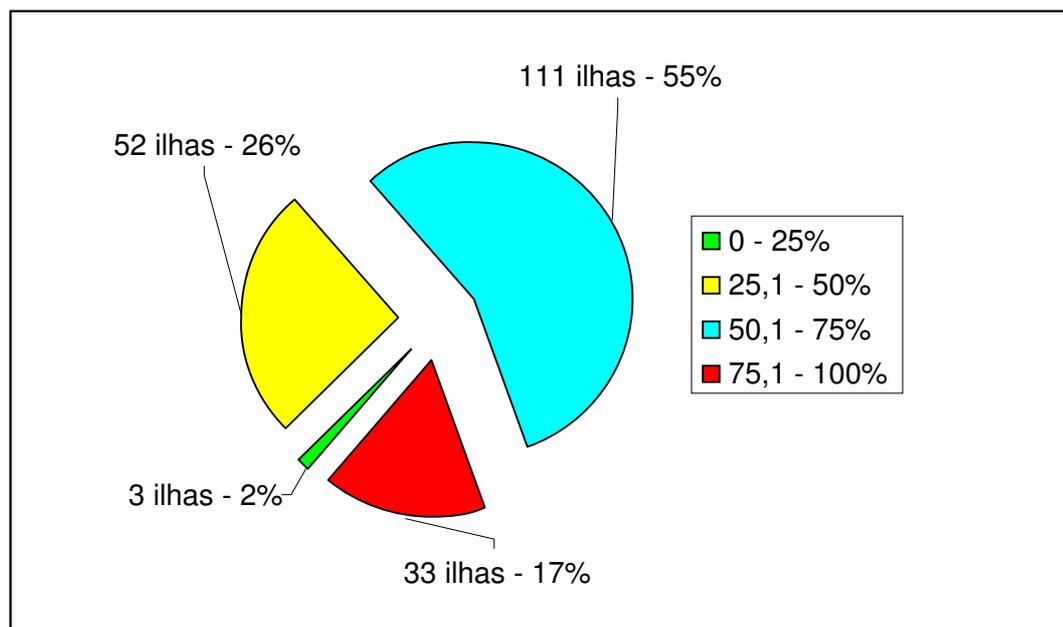


Figura 12 – Número e proporção de ilhas divididas em classes de perda de área total em função do efeito de borda.

A maioria das ilhas analisadas neste estudo tem grande proporção de borda. Isto é resultado da condição topográfica das ilhas atuais, resultante do processo de criação das mesmas no enchimento do reservatório.

As porções mais elevadas do relevo da floresta ombrófila densa ou aberta que não foram alagadas na formação do reservatório (Figuras 13A e 13B) representam as ilhas atuais do mosaico.

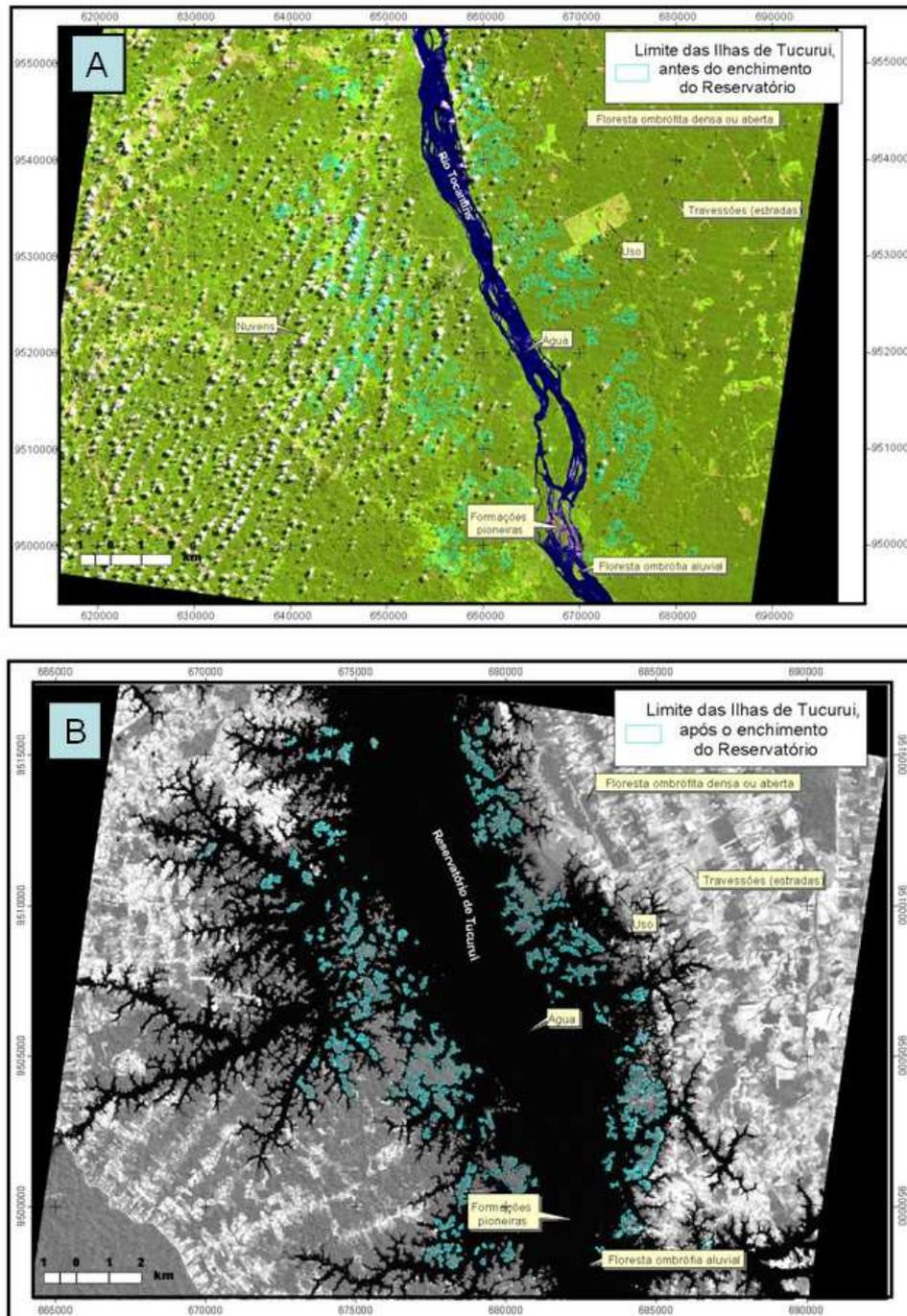


Figura 13 – Localização das Ilhas de Tucuui antes da formação do reservatório de Tucuui (A) e no reservatório atual (B).

A maioria das ilhas tem alta proporção de borda, somente 15 e 22 ilhas nas margens direitas e esquerdas respectivamente, têm um total de borda adequado a fim de limitar os efeitos negativos do efeito de borda na comunidade de plantas e animais que residem nos fragmentos (Figuras 14 e 15).

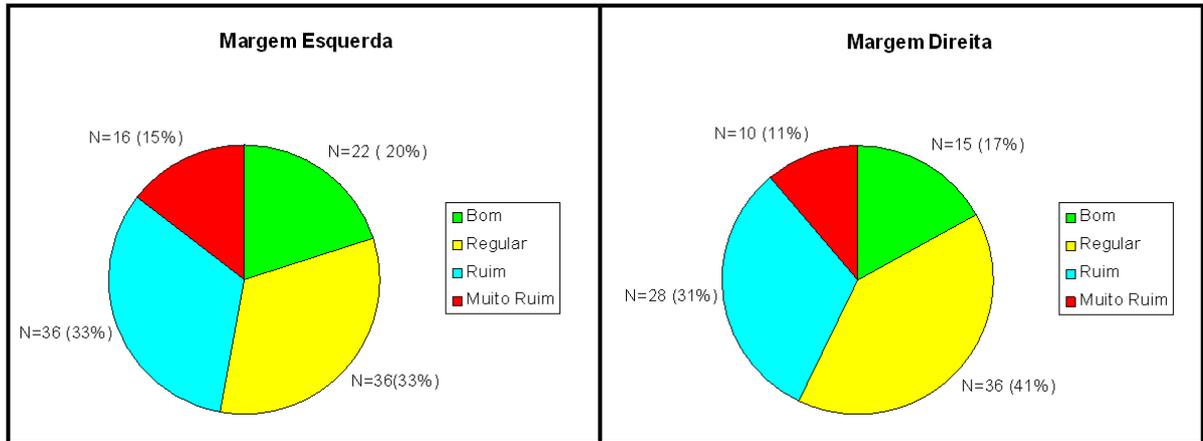


Figura 14 – Número e proporção total das ilhas analisadas neste estudo divididas entre as duas margens do Reservatório de Tucuruí em relação ao total de borda.

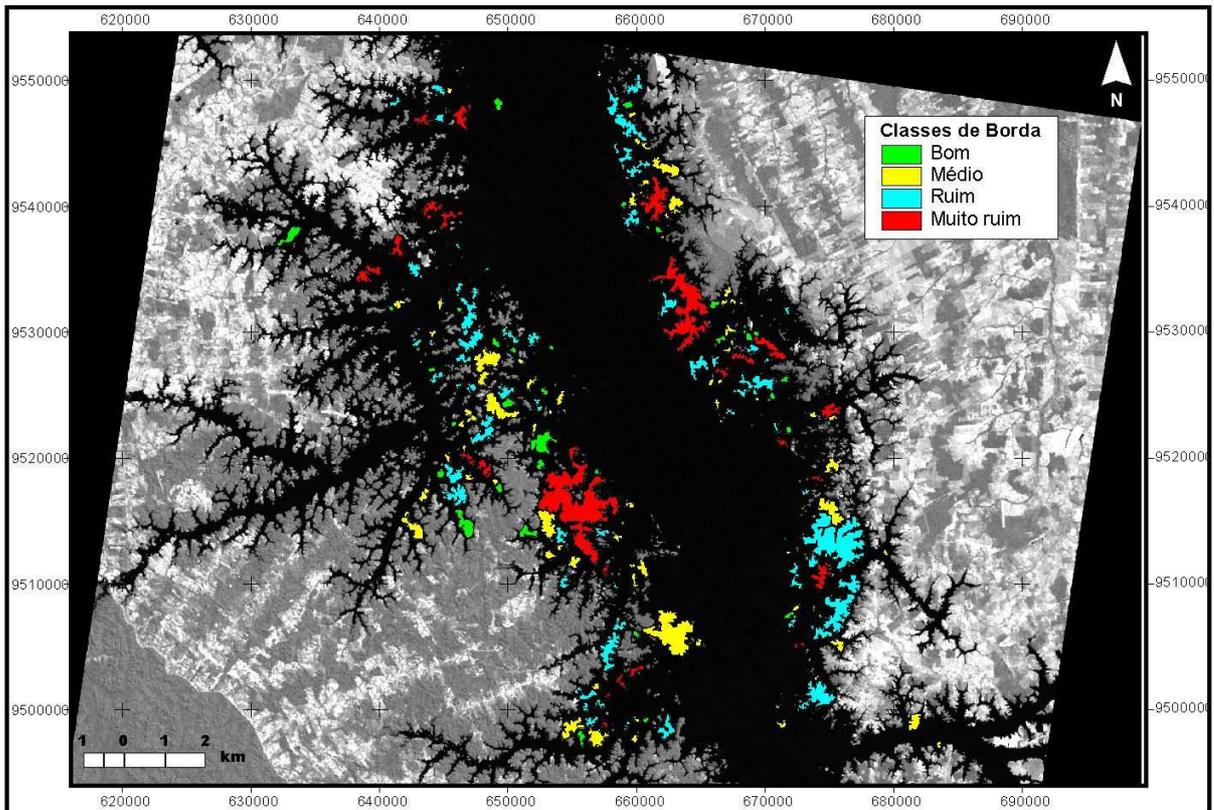


Figura 15 – Distribuição espacial das ilhas da UHE Tucuruí em relação às classes de borda.

Isto tem implicações bastante significativas para a comunidade de plantas e animais que habitam as ilhas, pois o efeito de borda diminui a quantidade de habitats potenciais para manter populações viáveis de espécies.

A grande proporção de borda nas ilhas analisadas neste estudo implica na redução da área nuclear da ilha (ilha sem o efeito de borda), sendo este fator uma característica primordial para a maioria das espécies de plantas e animais (LAURANCE, 2008).

Estudos realizados nas ilhas de Tucuruí, testando a variação na estrutura da comunidade vegetal na borda e centro de ilhas de diferentes tamanhos (LEANDRO FERREIRA, comunicação pessoal), demonstram que não existe diferença significativa nas variáveis de estrutura de vegetação analisadas: densidade de árvores, a área basal, a densidade da regeneração, a cobertura do dossel, a densidade de cipós, a mortalidade de árvores e a quantidade de danos em parcelas estabelecidas na borda e no centro das ilhas analisadas.

Estes resultados têm grande impacto para a conservação da biodiversidade local, pois as ilhas amostradas parecem não ter uma área central livre do efeito de borda.

As mudanças na estrutura da floresta podem também afetar os processos ecológicos como polinização, predação, comportamento territorial e hábitos alimentares da fauna (LAURANCE, 1991), causando perda da diversidade de plantas e animais, e em casos extremos levando à total defaunação (REDFORD, 1992).

4.1.2 Grau de Isolamento das ilhas analisadas

De acordo com as análises feitas, houve diferença significativa entre a distância ao vizinho mais próximo ($t = 2,701$; $p = 0,008$) nas ilhas analisadas neste estudo em relação à margem do Reservatório da UHE de Tucuruí, sendo o grau de isolamento maior nas ilhas da margem esquerda do Reservatório (Figura 16).

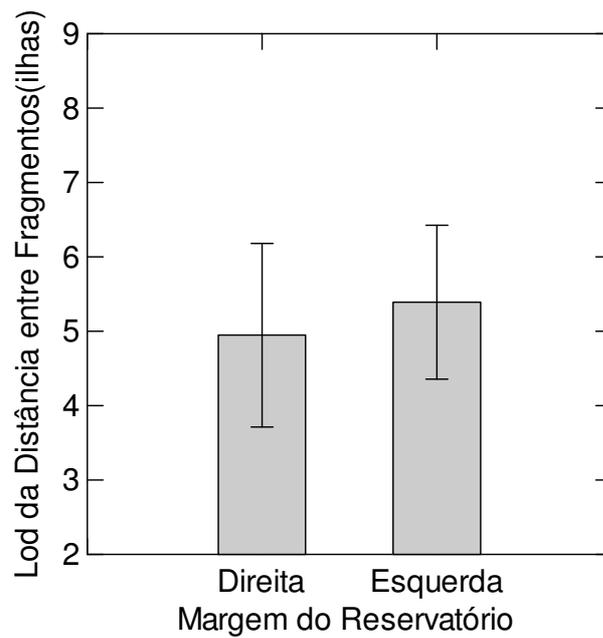


Figura 16 – Log da distância entre os Fragmentos (ilhas) nas ilhas analisadas neste estudo no Reservatório da UHE de Tucuruí, Pará.

A maioria das ilhas encontra-se com elevado grau de isolamento, 86 ilhas (43,2%) têm mais de 200 metros entre si (Figura 17).

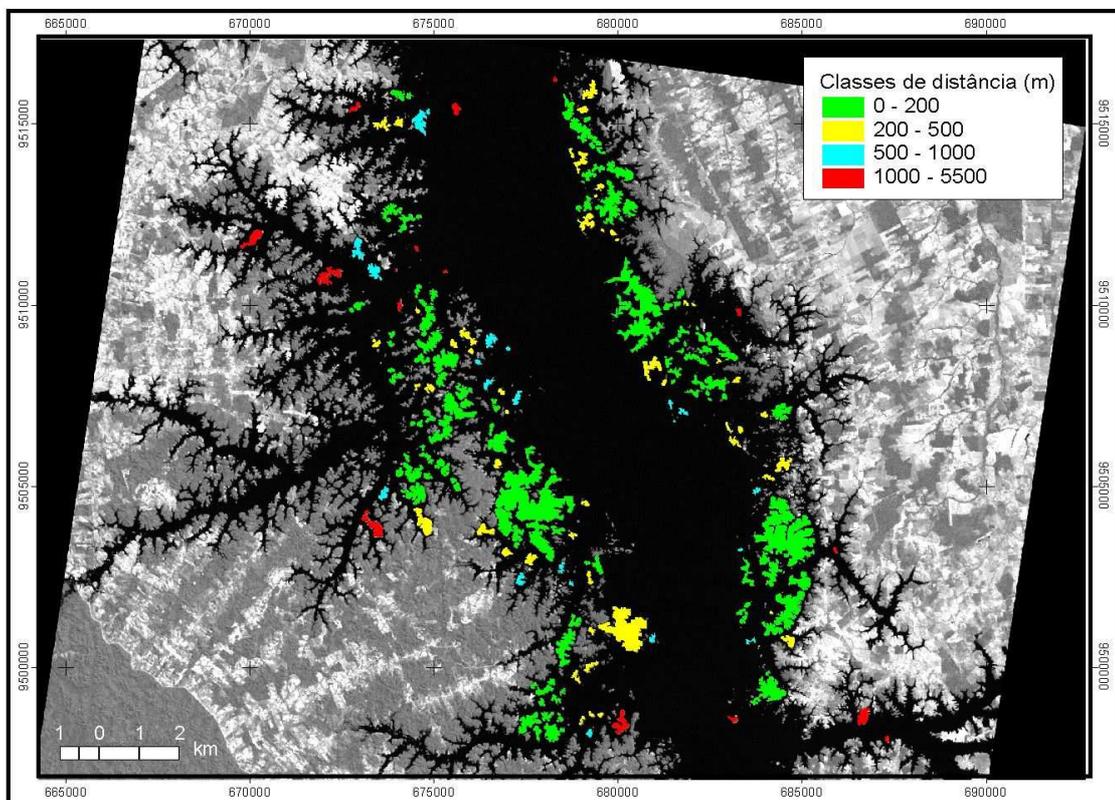


Figura 17 – Distribuição espacial das ilhas da UHE Tucuruí em relação às classes de distância ao vizinho mais próximo.

Considerando um raio de 200 metros entre as ilhas, como distância mínima, ou seja, dentro da capacidade de deslocamento da maioria dos animais terrestres, somente 50 das 199 ilhas (25,2% do total) analisadas neste estudo teriam problemas de colonização por imigração de espécies (Figura 18).

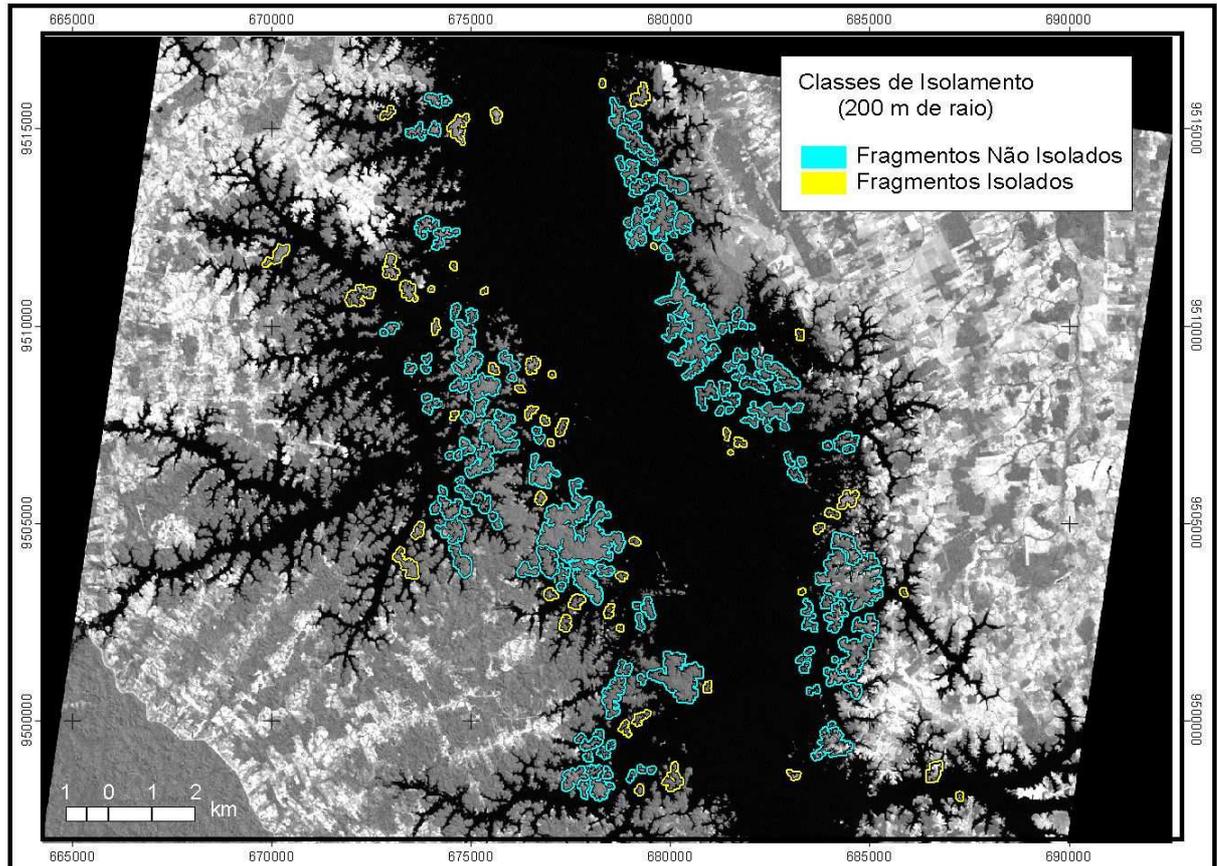


Figura 18 – Ilhas do UHE de Tucuruí divididas entre as classes de isolamento das ilhas com um raio de 200 metros.

Contudo, se o raio de deslocamento da fauna entre as ilhas fosse reduzido para 50 metros, 146 das 199 ilhas (73,4%) ilhas analisadas neste estudo teriam problemas de colonização por imigração de espécies (Figura 19).

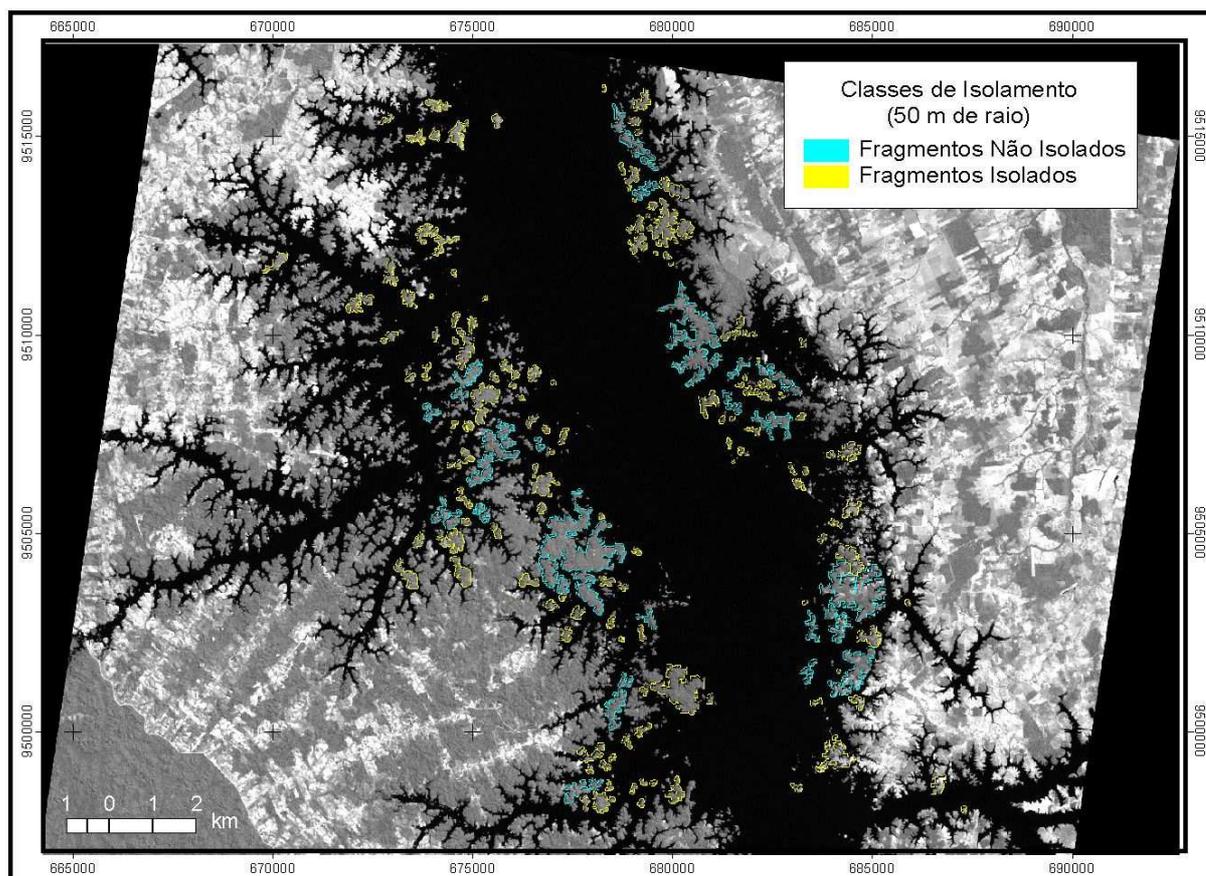


Figura 19 – Ilhas da UHE de Tucuruí divididas entre as classes de isolamento das ilhas com um raio de 50 metros.

A diferença significativa do grau de isolamento das ilhas analisadas neste estudo em relação a sua posição no reservatório, sendo o isolamento maior nas ilhas da margem esquerda tem grandes implicações em biologia da conservação (NOSS, 1996).

A matriz dominante entre as ilhas do reservatório de Tucuruí é água, o que para muitas espécies terrestres, tem forte efeito em termos de limitação de dispersão e re-colonização, constituindo-se um hábitat pouco utilizado (TERBORGH; LOPEZ; TELLO, 1997; COSSON et al., 1999).

O isolamento dos fragmentos florestais altera significativamente o fluxo gênico entre os mesmos e, portanto, a sustentabilidade de populações naturais. Diferentes autores apontam que a manutenção de corredores de biodiversidade como medida mitigadora para manter a conectividade entre fragmentos florestais (FORMAN; COLLINGE, 1997; HERRMANN; RODRIGUES; LIMA, 2005).

Esta estratégia, contudo, é impossível de ser implantada, em uma paisagem onde a matriz dominante é água, como a dos reservatórios das usinas hidrelétricas.

Este isolamento entre as ilhas do reservatório de Tucuruí pode causar profundos impactos na estrutura da comunidade de plantas e animais que residem nas ilhas, muitos dos quais não conseguem migrar para outras ilhas devido à grande distância que separam as mesmas.

Como conseqüência, isto pode levar em longo prazo, a alterações nos padrões de riqueza, diversidade e composição de espécies, pois os fragmentos florestais isolados não sustentam a mesma riqueza, diversidade e composição de espécies encontradas em ecossistemas originais.

Levando em consideração que as ilhas resultantes do processo de criação dos reservatórios de usinas hidrelétricas podem ser consideradas equivalentes a fragmentos florestais de regiões continentais, é necessário o entendimento dos processos ecológicos resultantes da fragmentação a fim de promover uma avaliação destas ilhas para programas de conservação de populações.

Para isto é importante, seguir alguns critérios, quando possível, resultantes de consensos em relação à biologia de conservação (NOSS, 1996):

- Fragmentos maiores, contendo grandes populações, são melhores que fragmentos pequenos com pequenas populações;
- Fragmentos próximos são melhores do que fragmentos isolados, principalmente quando a matriz dominante é água.
- Fragmentos com formas irregulares são piores do que fragmentos com forma arredondada, pois o efeito de borda limita e muitas vezes impedem o estabelecimento e a manutenção de populações viáveis de espécies em longo prazo.

O cenário ideal no reservatório da UHE de Tucuruí seria constituído por um conjunto de ilhas com tamanhos grandes, baixo índice de forma e grau de isolamento, no entanto, não é o que se verifica diante dos resultados obtidos neste estudo (Figura 20).



Figura 20 – Cenários para a conservação da biota em fragmentos florestais em relação ao tamanho, forma e grau de isolamento.

O cenário atual é ruim para a maioria das ilhas do reservatório, pois as mesmas têm tamanhos pequenos, formas irregulares (resultando em grande quantidade de bordas) e possui levado grau de isolamento, o que pode resultar na perda de espécies, provocando a extinção local mais rápida, e ao mesmo tempo dificultar colonização, devido à alta resistência à dispersão de indivíduos da matriz circundante as ilhas, isto é, a água (BOSCOLO, 2007).

Para agravar ainda mais este cenário, muitas das ilhas do reservatório de Tucuruí, estão sendo usadas pela população em atividades de extração de madeira, agricultura familiar, pecuária e caça de subsistência em pequena escala, contribuindo ainda mais para o processo de modificação do habitat original, resultando em impactos diretos nas comunidades da fauna e flora (Figura 21).



Figura 21 – Imagem de satélite mostrando o uso e ocupação em uma das ilhas da UHE de Tucuruí, usadas para a agricultura familiar e extração madeireira. (Imagem: Google Earth – Fotos: Crisalda Lima, 2007).

Neste cenário, estudar a comunidade de plantas e animais nas ilhas do Reservatório de Tucuruí é fundamental, a fim de determinar os padrões de riqueza, abundância e composição de espécies e como o processo de fragmentação e isolamento pode estar influenciando a comunidade.

Estudos que integrem escalas locais e de paisagem podem fornecer estas informações, pois os mesmos mostram os efeitos de alcance local (ilhas) e de paisagem (conjunto de ilhas e a matriz) permitindo a integração da heterogeneidade espacial e do conceito de escala na análise ecológica, tornando esses estudos mais aplicados para resolução de problemas de conservação da biodiversidade (METZGER, 2001).

Para estudos em ilhas artificiais criadas nos reservatórios de usinas hidrelétricas, a comunidade de lagartos terrestres pode ser considerada modelo, pois são animais abundantes, geralmente de fácil identificação e de mobilidade restrita. Além disso, répteis têm sido considerados indicadores de ecossistemas,

fornecendo informações sobre níveis de alteração ambiental se as mesmas têm capacidade para manter populações viáveis de espécies e desta forma, cumprir seu papel na conservação (MOURA-LEITE; BÉRNILS; MORATO, 1993).

4.2 CARACTERIZAÇÃO GERAL DA COMUNIDADE DE LAGARTOS

Foram registrados 836 indivíduos de lagartos, distribuídos em sete famílias (Teiidae, Tropiduridae, Gekkonidae, Gymnophthalmidae, Iguanidae, Polychrotidae e Scincidae) e 16 espécies. As espécies mais abundantes foram *Gonatodes humeralis* representando e *Coleodactylus amazonicus* da família Gekkonidae, representando 35% e 24% respectivamente (Tabela 1).

Foram registrados 426 indivíduos na margem esquerda e 410 na margem direita; três espécies foram capturadas exclusivamente pelo método de transecto (*Anolis fuscoauratus* e *Uranoscodon superciliosus*) espécies arborícolas e *Tupinambis teguixin* espécie de grande porte, somente uma pelo método de armadilhas de interceptação e queda (*Iphisa elegans*) espécie típica de serrapilheira.

Das 16 espécies, 12 foram encontradas nas duas margens do reservatório, duas espécies foram exclusivas da margem direita (*Iphisa elegans* e *Plica umbra*) e duas na margem esquerda (*Tupinambis teguixin* e *Plica plica*).

Tabela 3 – Abundância total das espécies de lagartos registrados nas ilhas inventariadas neste estudo, ordenadas por família.

Família	Espécies	Margem esquerda						Margem direita					
		Ilha1	Ilha2	Ilha3	Ilha4	Ilha5	Ilha6	Ilha1	Ilha2	Ilha3	Ilha4	Ilha5	Ilha6
Teidae	<i>Ameiva ameiva</i>	5	2	2	8	1	4	4	2	0	4	13	3
	<i>Kentropyx calcarata</i>	5	2	8	4	7	8	5	7	4	8	17	12
	<i>Tubinambis teguixin</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tropiduridae	<i>Plica umbra</i>	0	0	0	0	0	0	2	2	0	2	0	0
	<i>Plica plica</i>	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	<i>Uranoscodon superciliosus</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
Gekkonidae	<i>Coleodactylus amazonicus</i>	11	53	11	14	9	24	9	21	9	12	15	12
	<i>Gonatodes humeralis</i>	25	20	11	16	32	30	25	23	29	33	34	15
	<i>Hemidadactylus mabouia</i>	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	<i>Thecadactylus rapicauda</i>	7	12	5	17	7	4	4	4	2	8	3	4
Gymnophthalmidae	<i>Iphisa elegans</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	<i>Leposoma guianense</i>	1	2	3	0	3	0	1	5	10	2	1	1
	<i>Colobosaura modesta</i>	0	1	2	1	0	3	1	0	0	0	0	0
Iguanidae	<i>Iguana iguana</i>	3	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
Polychrotidae	<i>Anolis fuscoauratus</i>	2	3	1	2	10	0	1	0	0	0	0	4
Scincidae	<i>Mabuya nigropunctata</i>	5	3	2	3	6	2	3	4	9	1	12	3
	Abundância	66	99	45	66	75	76	58	68	63	70	96	55
	Riqueza	11	10	9	9	8	8	12	8	6	8	8	9

A construção e implantação da UHE Tucuruí causaram profundas transformações na paisagem, promovendo a fragmentação, acarretando a perda total de habitats nas áreas inundadas pela a formação de reservatórios e o deslocamento da fauna terrestre para áreas adjacentes.

Atualmente são conhecidas 94 espécies de lagartos para a Amazônia brasileira (ÁVILA-PIRES et al., 2007). Para a área de influência da UHE Tucuruí, segundo os registros da coleção Herpetológica do Museu Paraense Emílio Goeldi, relativos a coletas na época da formação do Reservatório em 1984, são previstas 23 espécies de lagartos.

O número de espécies de lagartos registradas nas áreas inventariadas neste estudo em 2005 foi de 16 espécies.

Esta riqueza é menor quando comparada a outros estudos realizados na Amazônica brasileira. Zimmerman e Rodrigues (1990) registraram 23 lagartos em uma área de floresta ombrófila no Projeto Dinâmica Biológica de Fragmentos florestais a cerca de 70 km ao norte da cidade de Manaus, enquanto Vitt et al. (2008) registraram 32 espécies em uma área de floresta ombrófila na Reserva Adolpho Ducke a cerca de 50 km ao norte de Manaus.

No estado do Pará foram registradas 28 espécies na Estação Científica Ferreira Penna localizada dentro da Floresta Nacional de Caxiuanã a cerca de 330 km oeste de Belém (ÁVILA-PIRES; HOOGMOED, 1997; BERNARDI, et al., 2002).

A baixa riqueza de espécies encontrada neste estudo, provavelmente está associada ao processo de fragmentação ocorrido na região pelo o enchimento do reservatório.

Bittencourt (2008) encontrou 16 espécies de lagartos nas ilhas do reservatório de Balbina no estado do Amazonas que sofreu um processo de fragmentação e isolamento semelhante ao ocorrido neste estudo,

A menor riqueza de espécies encontrada neste estudo e o de Bittencourt (2008) em comparação aos estudos anteriormente citados, provavelmente estão associados a dois fatores: ao processo de fragmentação, pois a riqueza das ilhas estudadas apresenta diferenças em relação ao tamanho e grau de isolamento que podem influenciar a diminuição de ambientes favoráveis a ocorrência de outras espécies, previstas para a área deste estudo, mas que necessitam de habitats mais

específicos, como *Arthroua reticulata*, espécie típica de floresta primária que está associado a locais úmidos com água permanente (VITT et al., 2008).

Outro fator importante é a diferença no tempo de amostragem entre os estudos citados realizados em floresta ombrófila (ZIMMERMAN; RODRIGUES, 1990; ÁVILA-PIRES; HOOGMOED, 1997; BERNARDI, et al., 2002; VITT et al., 2008) em comparação com este estudo, que teve um esforço de amostragem bem menor.

De acordo com as análises, verificou-se que a freqüência de espécies nas áreas inventariadas foi variável. Cinco espécies tiveram freqüência de 100%, *Gonatodes humeralis*, *Coleodactylus amazonicus*, *Mabuya nigropunctata*, *Kentropyx calcarata* e *Thecadactylus rapicauda* (Figura 22).

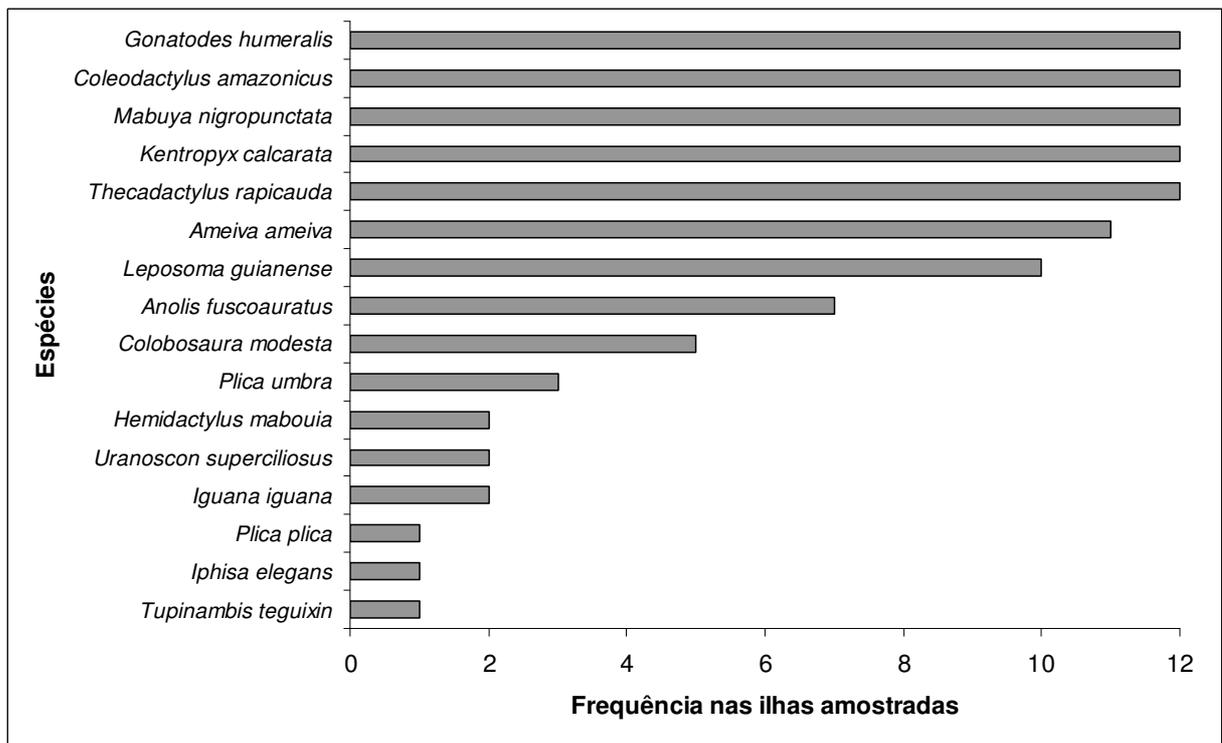


Figura 22 – Freqüência de espécies nas ilhas amostradas no Reservatório de Tucuruí, Pará.

Estas espécies têm ampla distribuição na Amazônia (ÁVILA-PIRES, 1995), sendo que primeira típica de floresta pouco perturbada (VITT et al., 2008) e a terceira é uma espécie que habita desde a floresta primária a vegetação secundária (capoeira), incluindo áreas abertas e borda de floresta (VITT et al., 2008).

Três espécies foram consideradas de frequência baixa ocorrendo em até 8% das ilhas amostradas, *Iphisa elegans*, *Plica plica* e *Tupinambis teguixin*. A primeira é descrita como típica de ambientes com pouca alteração (ÁVILA-PIRES, 1995) e a terceira é típica de ambientes alterados, como por exemplo, áreas desmatadas (VITT et al., 2008). Apesar de apresentar espécies de áreas de lagartos típicos de floresta pouco perturbada a maioria pode ser considerada generalista.

Laurance (2008) menciona que a fragmentação produz impactos diferenciados dependendo dos grupos estudados, sendo aqueles mais exigentes os primeiros a ter redução significativa em sua abundância ou mesmo sofrer extinção local; outros grupos, menos exigentes, podem permanecer estáveis ou aumentam significativamente sua abundância com a fragmentação.

A curva de coletor analisada neste estudo demonstra que houve uma estabilização no número de espécies coletadas em relação ao esforço de amostragem, portanto, é provável que a menor riqueza possa ser resultado do processo de fragmentação e o isolamento provocado pela criação do reservatório.

Houve um incremento de novas espécies durante a primeira campanha, onde foram encontradas 12 espécies (75% do total de espécies) entre a 2ª e a 5ª campanhas foram acrescentadas somente 4 novas espécies. De acordo com as análises, as coletas podem ser consideradas eficientes para este estudo, pois as espécies observadas neste estudo (16), correspondem a 84% do número de espécies estimada pelo método Jackknife 1 (19 espécies) (Figura 23).

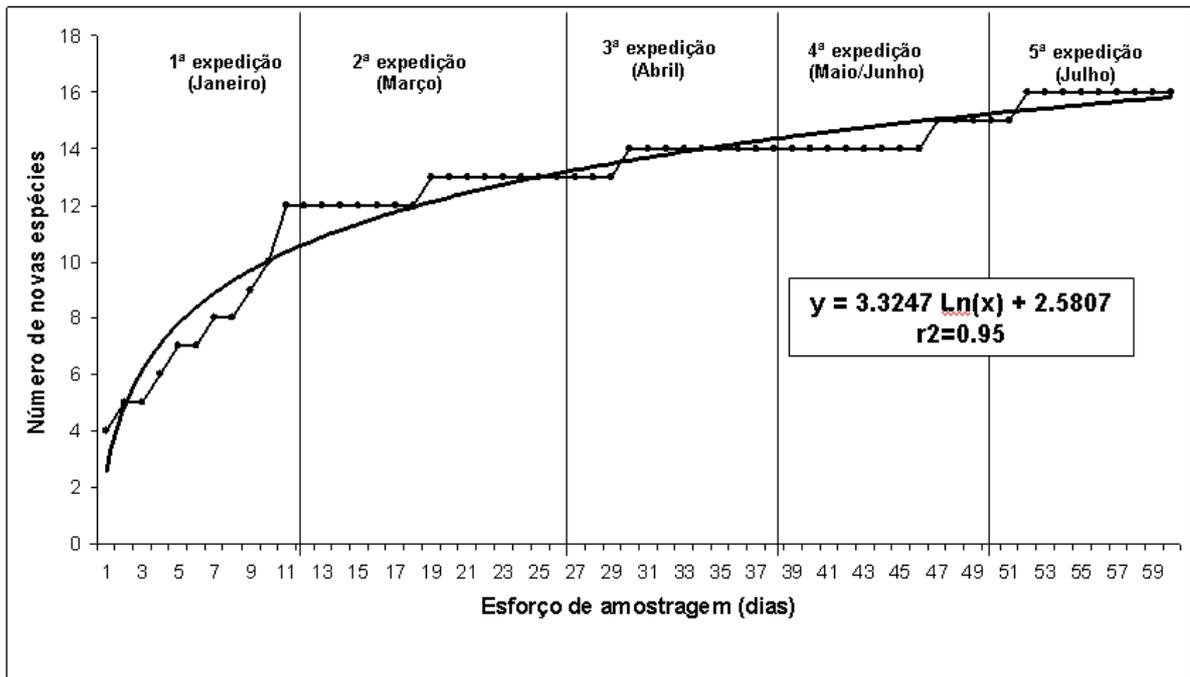


Figura 23 – Curva acumulativa de novas espécies de lagartos em relação ao número de dias de coleta nas cinco expedições realizadas neste estudo entre Janeiro e Julho de 2005.

Quando se analisa a riqueza de espécies de lagartos entre as campanhas realizadas, verifica-se que a mesma é significativamente diferente ($F_{[4,55]} = 3,98$; $p = 0,007$) para Tukey $p = 0,005$ onde a [$1^a = 2^a < 3^a = 4^a = 5^a$] sendo a riqueza maior obtida a partir da 3ª campanha de campo (Figura 24).

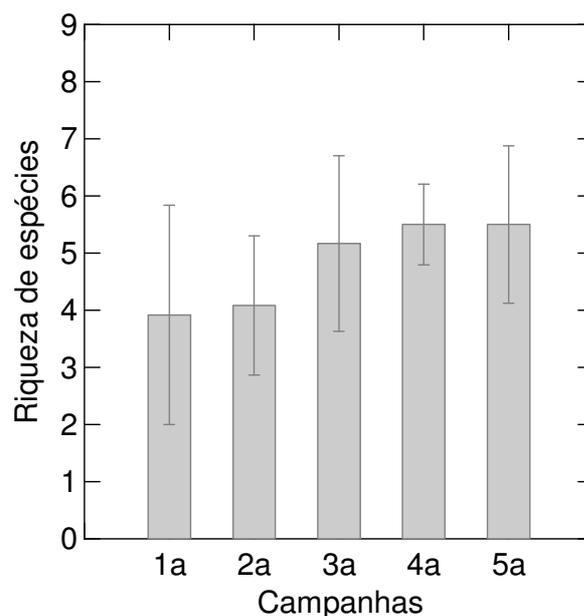


Figura 24 – Riqueza de espécies de lagartos entre as campanhas realizadas neste estudo realizadas entre Janeiro e Julho de 2005.

Este resultado pode estar relacionado à variação das estações do ano, uma vez que as três primeiras campanhas foram realizadas durante a estação de chuvas (SANCHES; FISCH, 2005) e muitos grupos de animais tendem a apresentar uma variação de atividades dependendo do período do ano. Pavan (2007) e Colli (2003) afirmam que as variações sazonais no tamanho das populações de lagartos possam estar relacionadas à precipitação, Strussmann et al. (2000) destacam que anfíbios e répteis neotropicais diminuem suas atividades durante a estação seca, no entanto, é necessário um maior número de réplicas temporais para se chegar a esta conclusão na área deste estudo (Figura 25).

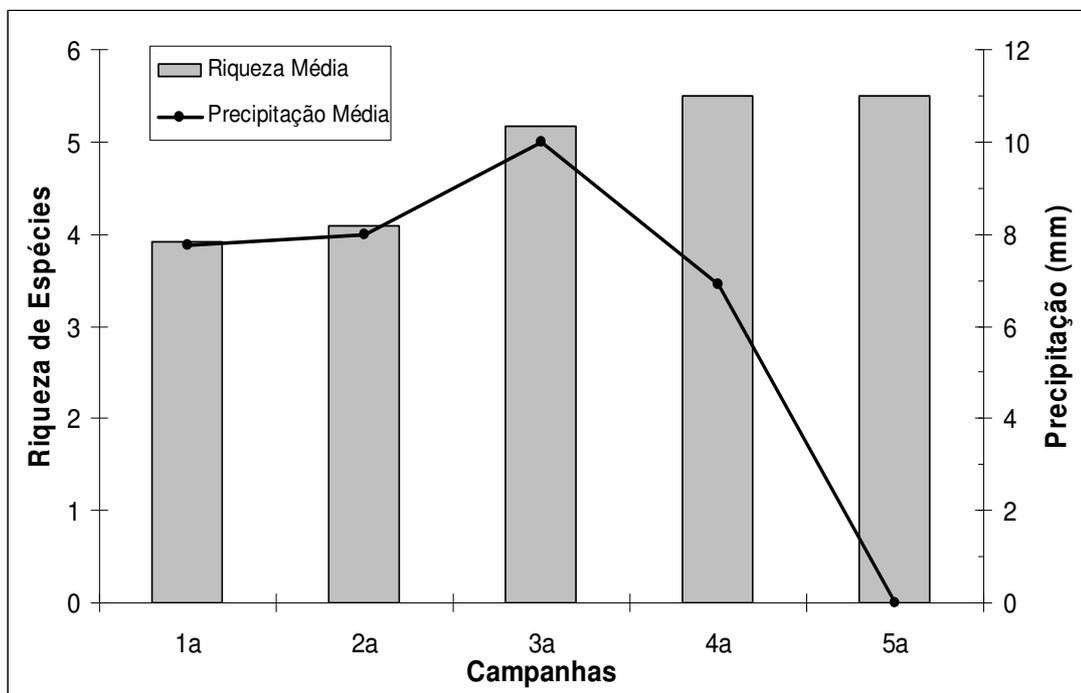


Figura 25 – Riqueza de espécies de lagartos com a respectiva precipitação do período.

4.2.1 Métricas de Paisagem (Tamanho e Grau de Isolamento)

Não houve diferença significativa na riqueza de espécies de lagartos em relação à margem do reservatório inventariada (teste $t = -1,268$; $p = 0,235$).

O número médio de espécies na margem esquerda é de 7,6 ($dp = 1,51$) enquanto na margem direita é de 8,6 ($dp = 1,21$) (Figura 26).

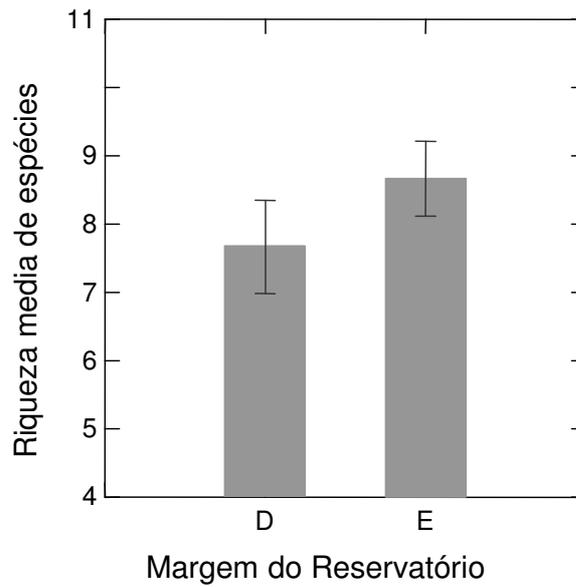


Figura 26 – Riqueza média de espécies encontrada nas ilhas nas margens direita (D) e esquerda (E) do reservatório do Tucuruí, Pará.

Não foi verificada diferença significativa no número de indivíduos de lagartos em relação à margem do reservatório (teste $t = -0,391$; $p = 0,704$). O número médio de espécies na margem esquerda é 60,2 ($dp = 18,7$) e na margem direita é de 64,3 ($dp = 18,2$) (Figura 27).

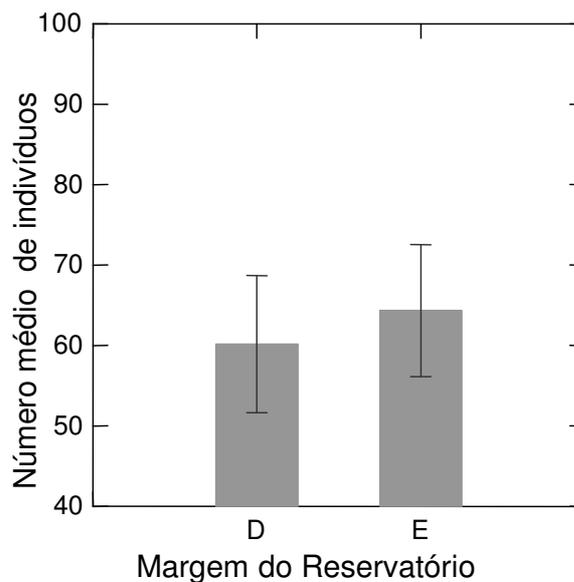


Figura 27 – Número médio de indivíduos encontrados nas ilhas nas margens direita (D) e esquerda (E) do reservatório do Tucuruí, Pará.

A análise das coordenadas principais (PCoA) não mostrou agrupamentos na composição de espécies das ilhas em relação a margem do reservatório, indicando que o rio Tocantins não é uma barreira geográfica para a distribuição deste grupo (Figura 28).

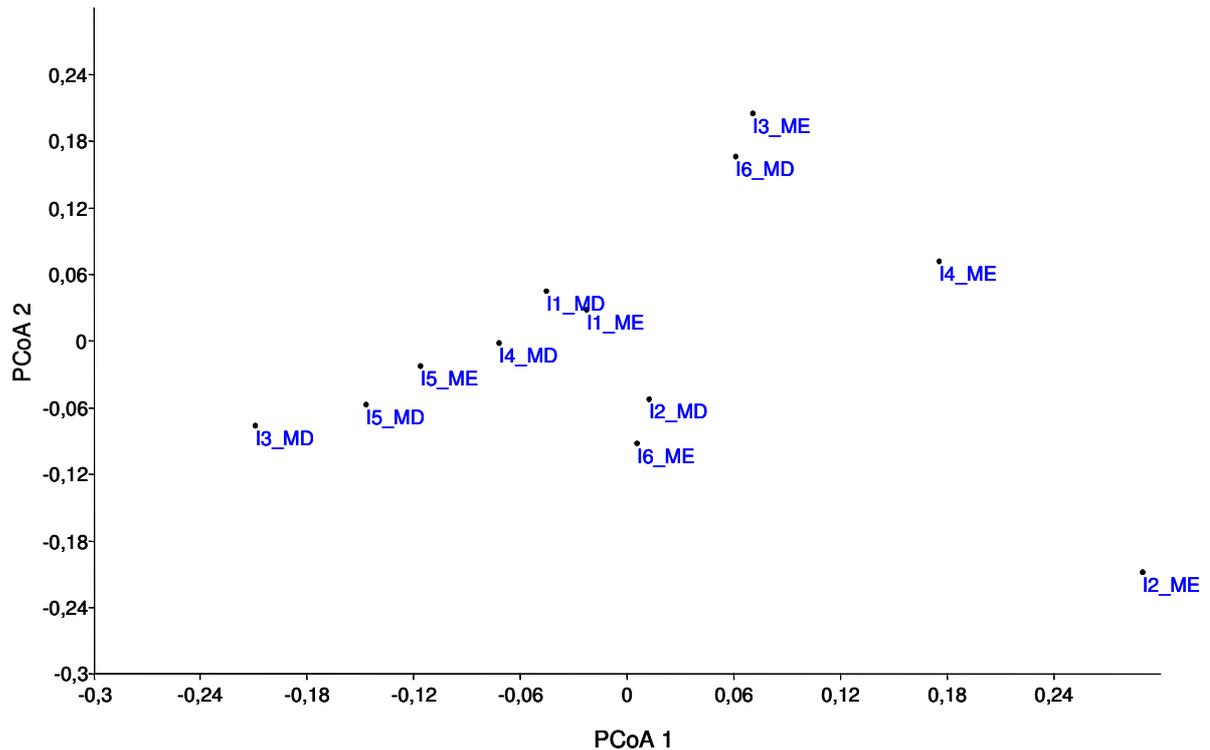


Figura 28 – Representação das 12 áreas inventariadas no reservatório de Tucuruí, contra as duas primeiras coordenadas principais para a variável abundância de lagartos (MD - margem direita; ME - margem esquerda).

Houve diferença significativa da riqueza de espécies de lagartos em relação ao tamanho da ilha ($r^2 = 0,42$; $F_{[1,10]} = 7,03$; $p = 0,024$), sendo esta maior nas ilhas de maior tamanho (Figura 29 - A). Porém não houve diferença significativa na abundância de lagartos em relação ao tamanho das ilhas ($r^2 = 0,12$; $F_{[1,10]} = 1,41$; $p = 0,263$) (Figura 29 - B).

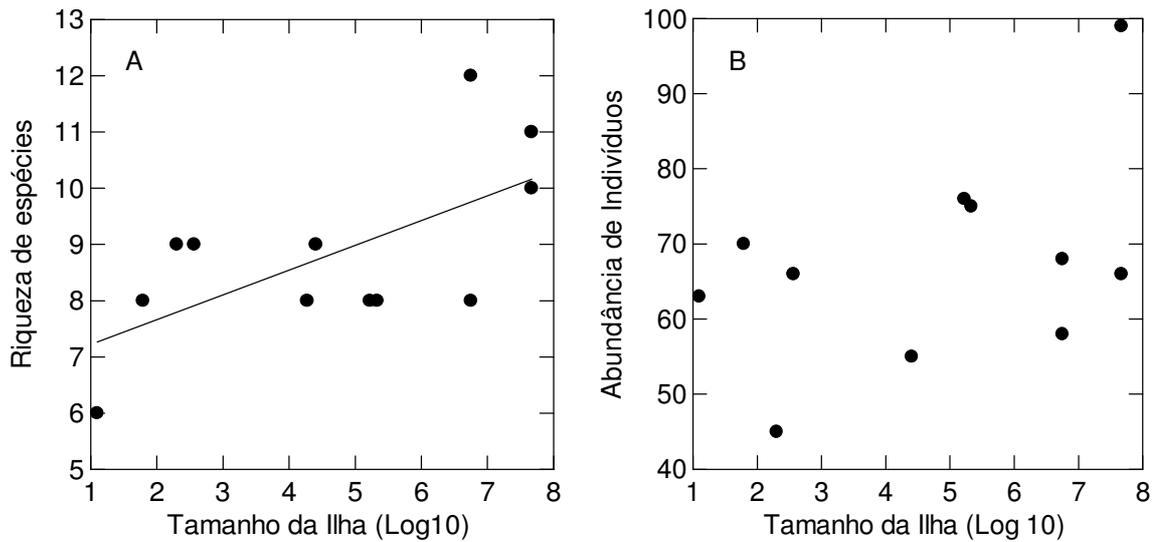


Figura 29 – Relação entre a riqueza de espécies (A) e abundância de indivíduos (B) e tamanho das ilhas no reservatório do Tucuruí, Pará.

A riqueza significativa de espécies em relação ao tamanho das ilhas analisadas neste estudo é um resultado esperado, pois diversos estudos realizados sobre fragmentação demonstram que o tamanho da área é um fator importante para a permanência das espécies, constituindo-se uma ameaça a sobrevivência de espécies que apresentam maiores exigências ou necessidades específicas de habitats que podem desaparecer com a redução da área (METZGER, 1999; LAURANCE et al., 2002).

Estudos realizados em ilhas de reservatórios também encontraram resultados semelhantes ao obtido neste estudo (TERBORGH; LOPEZ; TELLO, 1997; FEELEY, 2003; COSSON et al., 1999).

Especificamente para os reservatórios de usinas hidrelétricas na Amazônia. Lima (2006) trabalhando com a comunidade de anuros no reservatório de Tucuruí também demonstraram uma relação significativa da riqueza de espécies com o tamanho das ilhas. Bittencourt (2008) encontrou o mesmo padrão trabalhando com a comunidade de lagartos no reservatório da UHE de Balbina no estado do Amazonas.

Houve diferença significativa entre a riqueza de lagartos em relação ao isolamento da ilha ($r^2 = 0,49$; $F_{[1,10]} = 9.53$; $p = 0,011$) (Figura 30 - A), sendo esta menor nas ilhas mais isoladas. Porém não existe diferença significativa entre a abundância de lagartos em relação ao isolamento da ilha ($r^2 = 0,03$; $F_{[1,10]} = 0,30$; $p = 0,593$) (Figura 30 - B).

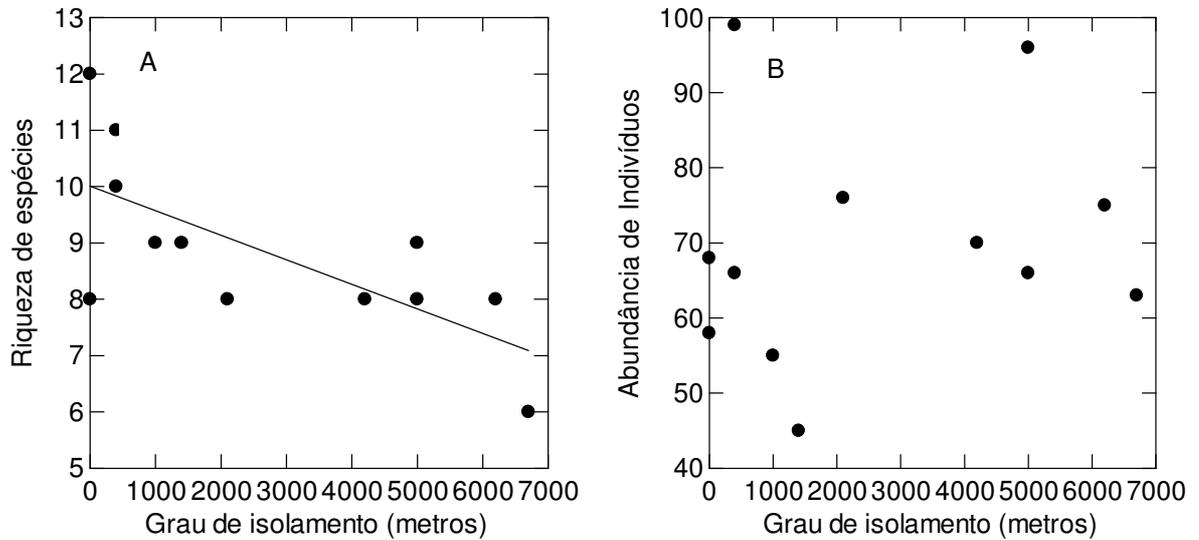


Figura 30 – Relação entre a riqueza de espécies (A) e abundância de indivíduos (B) e grau de isolamento das ilhas no reservatório do Tucuruí, Pará.

Nas ilhas de Tucuruí, a riqueza de espécies diminuiu significativamente com grau de isolamento. Este resultado é semelhante ao encontrado por Bittencourt (2008) para as ilhas do reservatório da UHE Balbina. Contudo, é diferente daquele obtido por Lima (2006) trabalhando com a comunidade de anuros no reservatório de Tucuruí onde não foi demonstrada diferença significativa entre riqueza de espécies e grau de isolamento das ilhas.

A abundância de espécies de lagartos não teve relação com grau de isolamento das ilhas, semelhante aos resultados obtidos por Lima (2006) para anuros no reservatório de Tucuruí no estado do Pará e por Feeley (2003) para comunidade de aves no reservatório do Lago Guri na Venezuela.

Contudo, uma limitação destes dois estudos foi analisar a abundância em nível de comunidade, o que pode mascarar resultados quando analisamos a abundância em nível de espécies.

A relação da densidade das oito espécies mais abundantes deste estudo, que representam 96,8% do total de indivíduos amostrados, demonstrou-se não significativa em relação ao grau de isolamento das ilhas (Figuras 31 e 32).

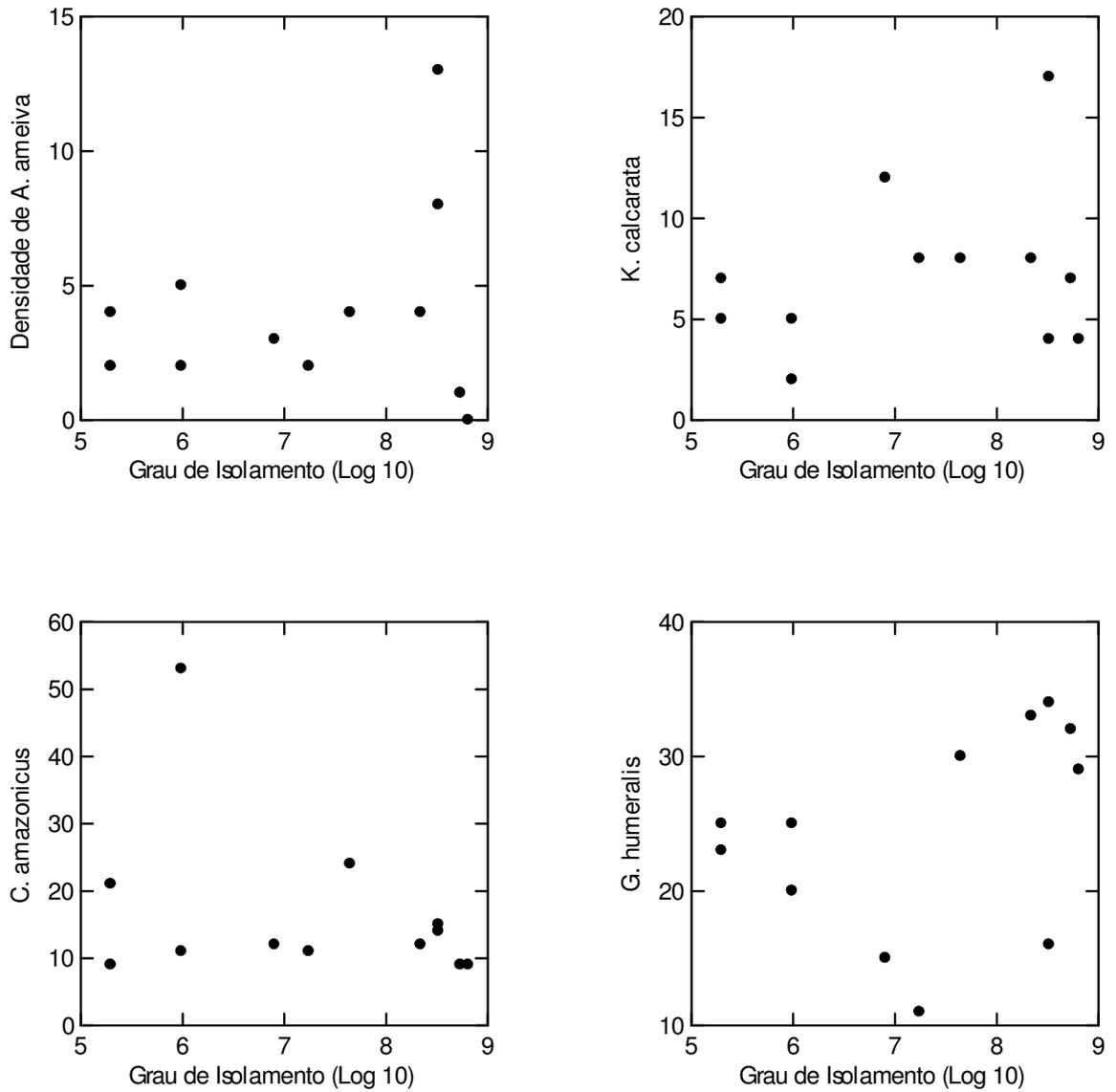


Figura 31 – Densidade das espécies: *Ameiva ameiva*, *Kentropyx calcarata*, *Coleodactylus amazonicus* e *Gonatodes humeralis* - em relação ao grau de isolamento das ilhas do Reservatório da UHE – Tucuruí.

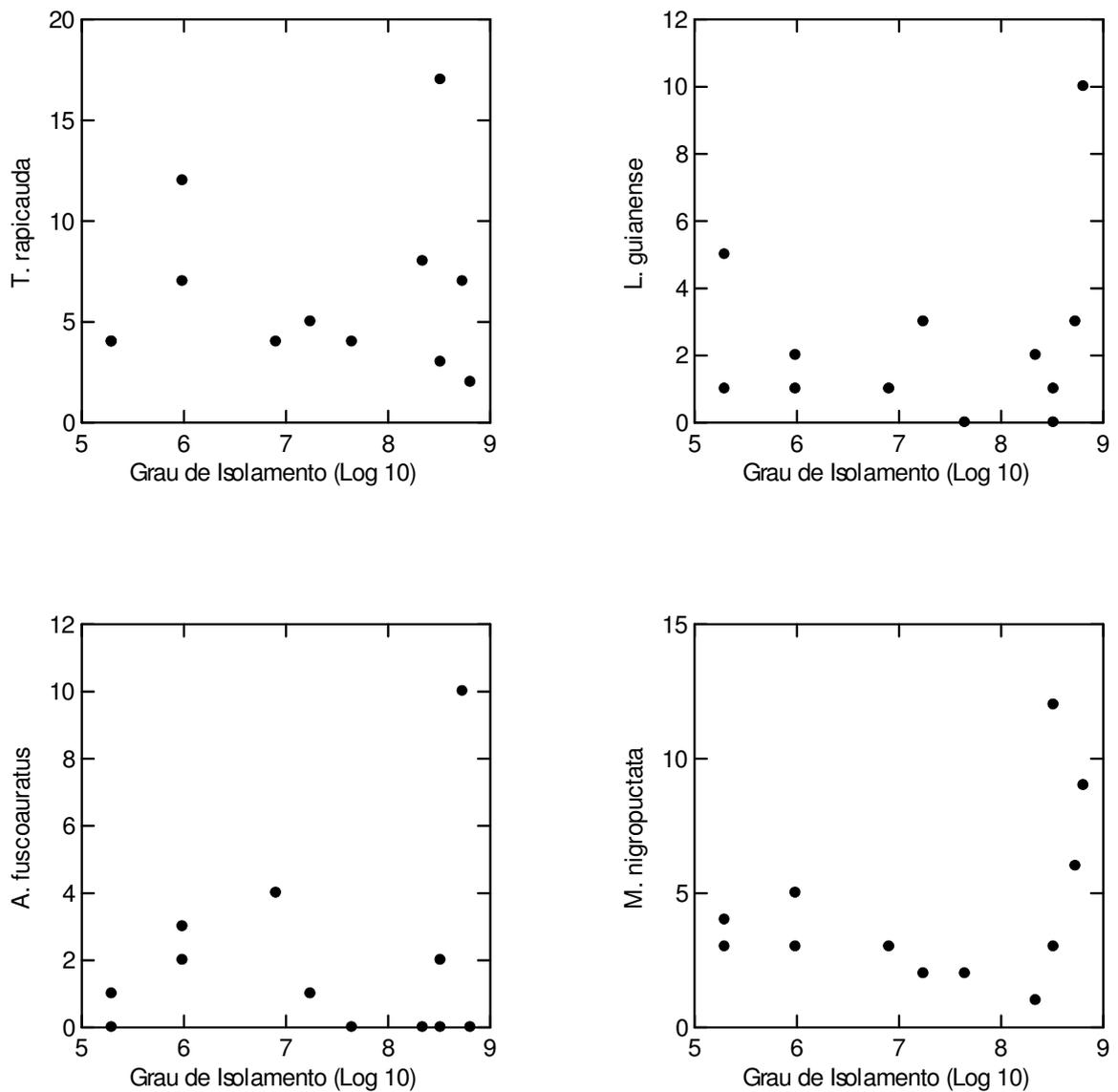


Figura 32 – Densidade das espécies: *Thecadactylus rapicauda*, *Leposoma guianense*, *Anolis fuscoauratus* e *Mabuya nigropunctata* - em relação ao grau de isolamento das ilhas do Reservatório da UHE – Tucuruí.

Embora a riqueza de espécies obtida neste estudo seja inversamente proporcional ao grau de isolamento das ilhas, isto não é refletivo na abundância das espécies mais comuns habitam estas ilhas. Provavelmente outros fatores não analisados neste estudo, por exemplo, a disponibilidade de alimento pode explicar os resultados obtidos.

4.2.2 Estrutura de Vegetação

Os lagartos têm preferências por certos tipos de ambientes com estruturas de vegetação adequadas à ecologia de cada espécie, pois a complexidade vegetal está relacionada a fatores como, a disponibilidade de alimentos, reprodução e outros (VITT et al., 2008), sendo que Vanzolini (1963) classifica aqueles que preferem ambientes abertos como heliotérmicos e os que preferem ambientes com maior cobertura vegetal como umbrófilos (não heliotérmicos).

Alguns estudos de fragmentação como de Sarre, Smith e Meyers (1995), Silva (2005) e Carvalho-Jr et al. (2008) têm verificado aspectos como a densidade de árvores, abertura de dossel e volume de serrapilheira relacionando-os com a comunidade de lagartos.

Os parâmetros de estrutura de vegetação e a maioria dos resultados aqui citados foram realizados para fragmentos em regiões continentais, onde a permeabilidade da matriz é muito maior em comparação com aquela existente entre as ilhas de Tucuruí, que é formada principalmente por água.

Neste estudo os parâmetros de estrutura da vegetação analisados foram: percentual de abertura do dossel, volume de serrapilheira, número de troncos caídos e densidade de árvores.

Não houve diferença significativa da riqueza de espécies em relação a abertura do dossel ($r^2 = 0,30$; $F_{[1,10]} = 4,26$; $p = 0,065$) (Figura 33 – A). Não houve diferença significativa da riqueza de espécies em relação ao volume de serrapilheira ($r^2 = 0,26$; $F_{[1,10]} = 3,43$; $p = 0,094$) (Figura 33 - B).

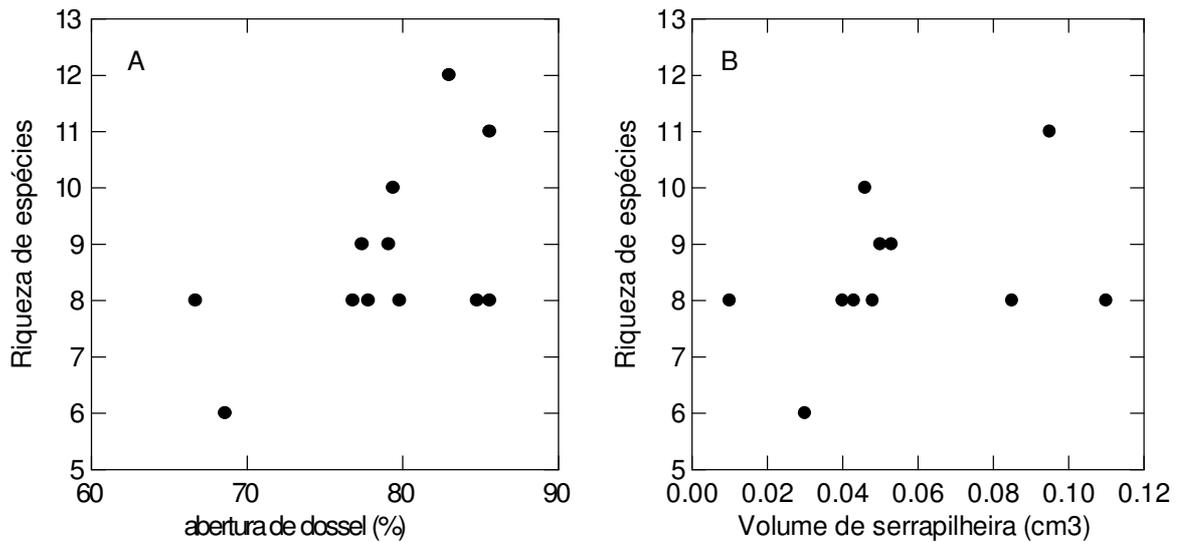


Figura 33 – Relação entre a riqueza de espécies e os parâmetros de abertura do dossel (A) e volume de serrapilheira (B) nas ilhas estudadas no reservatório de Tucuruí, Pará.

Houve diferença significativa e positiva entre a riqueza de espécies em relação ao número de troncos caídos ($r^2 = 0,40$; $F_{[1,10]} = 6,90$; $p = 0,025$) e em relação à densidade de árvores ($r^2 = 0,56$; $F_{[1,10]} = 12,56$; $p = 0,005$) (Figura 34 A e B).

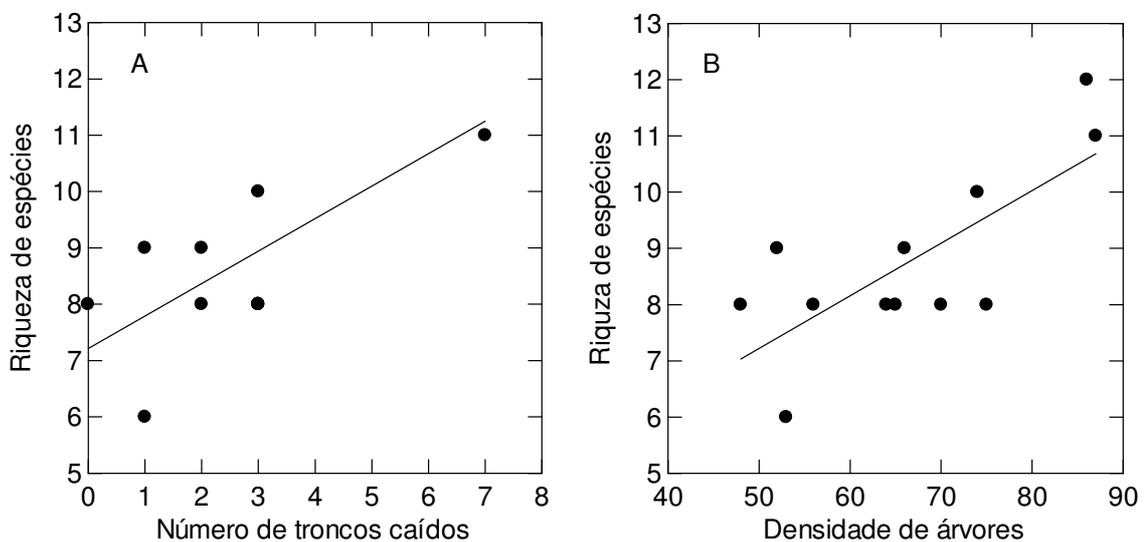


Figura 34 – Relação entre a riqueza de espécies e os parâmetros de estrutura de vegetação: número de troncos caídos (A) e densidade de árvores (B) nas ilhas estudadas no reservatório de Tucuruí, Pará.

Não houve diferença significativa da abundância de indivíduos em relação aos parâmetros de estrutura da vegetação: abertura do dossel ($r^2 = 0,00$; $F_{[1,10]} = 0,00$; $p = 0,976$), volume de serrapilheira ($r^2 = 0,01$; $F_{[1,10]} = 0,13$; $p = 0,733$), troncos

caídos ($r^2 = 0,09$; $F_{[1,10]} = 0,13$; $p = 0,729$) e densidade de árvores ($r^2 = 0,06$; $F_{[1,10]} = 0,37$; $p = 0,55$) (Figura 35).

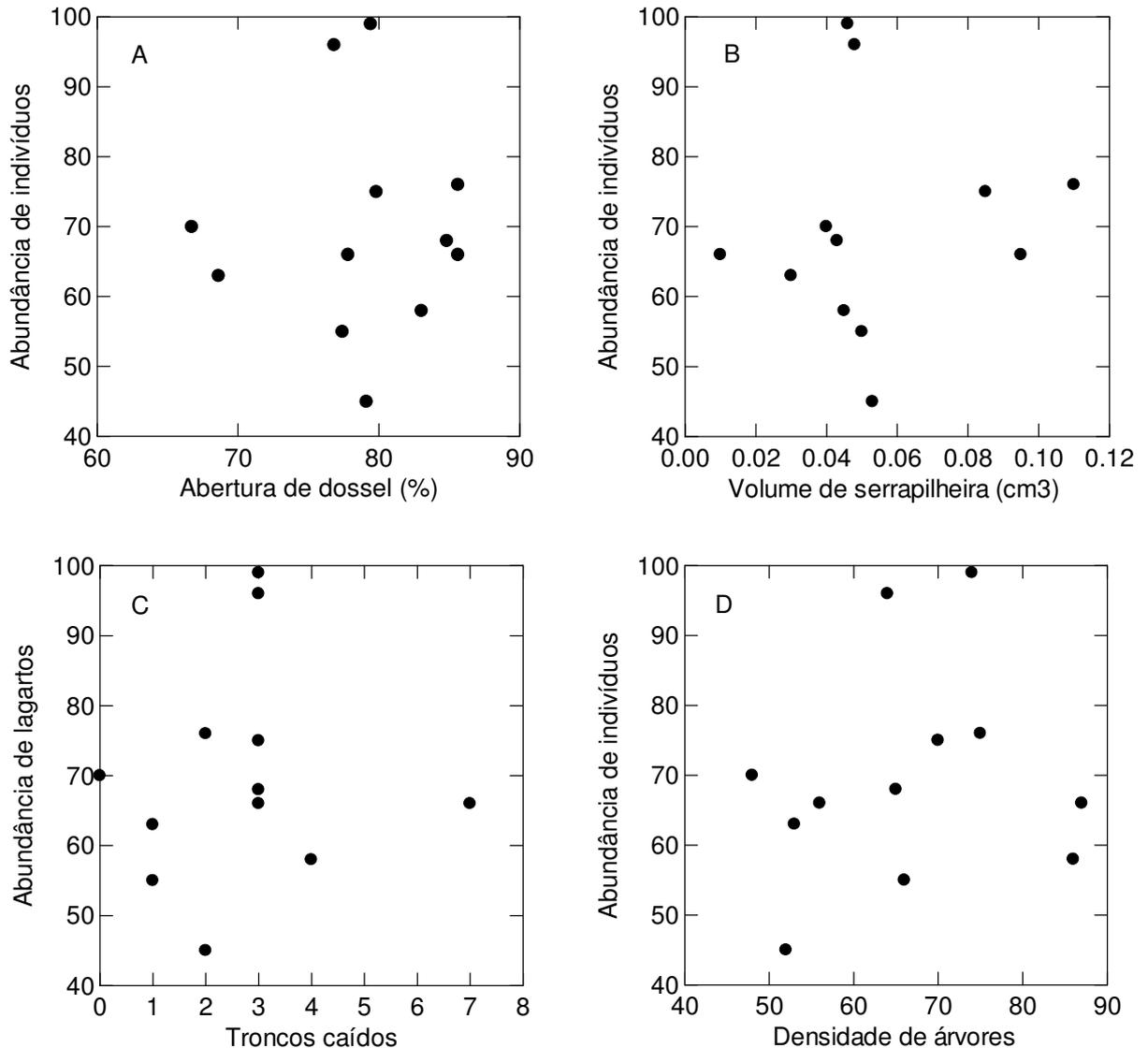


Figura 35 – Abundância de indivíduos de lagartos em relação aos parâmetros de estrutura da vegetação abertura do dossel (A); volume de serrapilheira (B); troncos caídos (C) e densidade de árvores (D) nas ilhas estudadas no reservatório de Tucuruí, Pará.

Neste estudo não foi encontrada diferença significativa da riqueza em relação ao parâmetro de estrutura da vegetação, abertura do dossel. Semelhantemente ao resultado de Tinoco et al. (2003) em estudos no sul da Bahia, que não encontraram uma relação significativa desta variável com a comunidade de lagartos e por Silva (2005) no Mato Grosso.

A serrapilheira tem sido mencionada como fator de influência sobre lagartos, por servir de abrigo e manter a umidade do solo interferindo na termorregulação destes animais (HEINEN, 1992) embora os resultados deste estudo não tenham verificado esta relação.

Bittencourt (2008) encontrou uma relação positiva de *Mabuya nigropunctata* (família Scincidae) com a profundidade de serrapilheira em ilhas da hidrelétrica de Balbina no Amazonas.

A riqueza de espécies foi significativa em relação ao número de troncos caídos e densidade de árvores. Em fragmentos continentais na Austrália, Fischer et al. (2005) verificaram que várias espécies de lagartos responderam positivamente à disponibilidade de troncos caídos. Vitt et al. (2007) em estudos realizados no Cerrado brasileiro na região do Tocantins, também verificaram uma resposta positiva de uma espécie de lagarto (*Mabuya heath*) em relação á troncos caídos.

5 CONCLUSÕES

- O cenário atual das ilhas do reservatório de Tucuruí (tamanhos pequenos, alta proporção de borda, pequena área nuclear e alto grau de isolamento) baseado nos preceitos da ecologia de paisagem, indica que a maioria das ilhas pode não ter capacidade de manter populações viáveis de espécies em longo prazo.
- Recomenda-se uma maior fiscalização na área de APA da UHE Tucuruí a fim de diminuir a pressão antrópica nas ilhas que compõem o mosaico da área de influência da UHE Tucuruí.
- A abordagem na escala local (ilhas) sobre a comunidade de lagartos permitiu uma caracterização dessa comunidade mostrando que a mesma responde maneira diferente de outros grupos faunísticos ao efeito da fragmentação provocado pela formação do reservatório de tucuruí.
- Os resultados indicam que comunidade de lagartos parece ter sofrido uma mudança em sua composição, a qual é atualmente composta por espécies de podem ser consideradas como tolerante às mudanças da paisagem, embora seja necessário um estudo de longo prazo para se confirmar esta suposição.

REFERÊNCIAS

ALENCAR, A.; NEPSTAD, D.; MCGRATH, D.; MOUTINHO, P.; PACHECO, P.; DIAZ, M. D. C. V.; FILHO, B, S. **Desmatamento na Amazônia: indo além da “emergência crônica”**. Belém. Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia, 85p. 2004.

ÁVILA-PIRES, T. C. S.; HOOGMOED, M. S. The Herpetofauna. In: **Caxiuanã**. LISBOA, P. L. B. (org). Museu Paraense Emílio Goeldi p. 389-402.1997.

ÁVILA-PIRES, T. C. S.; HOOGMOED, M. S.; VITT, L., Herpetofauna Amazônica. In: **Herpetologia no Brasil v. 2**, p. 13-43. Nascimento, L. B. e Oliveira, M. E. (editores). Belo Horizonte.Sociedade brasileira de herpetologia, 354p. 2007.

ÁVILA-PIRES, T. C. S. Lizards of Brazilian Amazônia (Reptilia: Squamata). **Zoologische Verhandelingen**, v. 299, p. 1-706. 1995.

BELL, K. E.; DONNELLY, M. A. Influence of Fragmentation on community structure of frogs and lizards in northeastern Costa Rica. **Conservation Biology**, v. 20, n. 6, p. 1750-1760. 2006.

BENITEZ-MALVIDO, J. Impact of forest fragmentation on seedling abundance in a tropical rain forest. **Conservation Biology**, v.12, n.2, p. 380-389. 1998.

BENITEZ-MALVIDO, J.; MARTINEZ-RAMOS, M. Impact of forest fragmentation on understory plant species richness in Amazonia. **Conservation Biology**, v.1, n.2, p. 389-400. 2003.

BERNARDI, J. A. R.; RUFINO, N.; COSTA, R. G. N.; ROCHA, R. A. T. Répteis. In: **Caxiuanã**. LISBOA, P. B. (org). Belém. Museu Paraense Emílio Goeldi, p. 533-40. 2002.

BIERREGAARD Jr., R. O.; LOVEJOY, T. E.; KAPOV, V.; DOS SANTOS. A. A.; HUTCHINGS, R. W. The biological dynamics of tropical rainforest fragments. **BioSciences**, v 42, p. 859-866. 1992.

BITTENCOURT, S. **A insularização como agente de fragmentação florestal em comunidades de lagartos na Amazônia Central**. 2008, 40f. Dissertação (Mestrado

em Biologia tropical e recursos naturais) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas. 2008.

BOSCOLO, D. **Influência da estrutura da paisagem sobre a persistência de três espécies de aves em paisagens fragmentadas da Mata Atlântica**, 237f. Tese (Doutorado em Ciências). Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 2007.

CÂMARA, G.; CASANOVA, M.A.; HEMERLY, A. S. **Anatomia de sistemas de informação geográfica**. Campinas: Instituto de Computação da UNICAMP, 193 p. 1996.

CAMARGO, J. L. C.; KAPOV, V. Complex edge effects on soil moisture and microclimate in central Amazonian forest. **Journal of Tropical Ecology**, v. 11, n.2, p 205-221. 1995.

CARVALHO-JR, E. A. R.; LIMA, A.; MAGNUSSON, W.; ALBERNAZ, A. Long-term effect of Forest fragmentation on the Amazonian gekkonid lizards, *Coleodactylus amazonicus* and *Gonatodes humeralis*. **Austral Ecology**, v. 33, n. 6, p. 723-729. 2008.

CECHIN, S. Z.; MARTINS, M. Eficiência de armadilhas de queda (pitfall traps) em amostragens de anfíbios e répteis no Brasil. **Revista brasileira de Zoologia**, v.17, n. 3, p. 729-740. 2000.

COLLI, G. R. Estrutura de taxonoses de lagartos em fragmentos naturais e antrópicos de Cerrado. In: Claudino-Sales (Ed), V - **Ecosistemas Brasileiros: Manejo e Conservação**. Expressão Gráfica e Editora: Fortaleza. p. 171-178. 2003.

COLLI, G. R.; ACCACIO, G. M.; ANTONINI, Y.; CONSTANTINO, R.; FRANCESCHEINELLI, E.; LAPS, R. R.; SCARIOT, A.; VIEIRA, M. V.; WIDEDEHECKER, H. C. A Fragmentação dos Ecosistemas e a Biodiversidade Brasileira; Uma Síntese. In: RAMBALDI, D. M.; OLIVEIRA, D. A. S. (eds). **Fragmentação de Ecosistemas: causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas**. 634p. Ministério do Meio Ambiente/Secretaria da Biodiversidade e Florestas: Brasília. p. 317-324. 2003.

COLTRO-JR, L. A. **O rio Tocantins como barreira geográfica para aves suboscines na Amazônia**. Belém, Pará. 2003. 69p. Dissertação (Mestrado em Zoologia). Museu Paraense Emílio Goeldi / Universidade Federal do Pará – MPEG/UFP, Belém, Pará. 2003.

COLWELL, R. K. **EstimateS**: Statistical estimation of species richness and shared species from sample. Version 8 – User's guide and application – disponível <<http://viceroy.eeb.uconn.edu/stimates>> 1997. acesso 20 de jun.2008.

CONSTANTINO, R.; RITEZ, R. M.; CERQUEIRA, R.; ESPINDOLA, E. L. G.; GRELE, C. E. V.; LOPES, A. T. L.; NASCIMENTO, M. T.; ROCHA, O.; RODRIGUES, A. A. F.; SCARIOT, A.; SEVILHA, A. C.; TIEPOLO, G. Causas Naturais. In: RAMBALDI, D. M. OLIVEIRA, D. A. S. (eds). **Fragmentação de Ecossistemas: Causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas**. Ministério do Meio Ambiente / Secretaria de Biodiversidade e Florestas, Brasília, p.183-200. 2003.

COSSON, J. F.; RINGUET, S.; CLAESSENS, O.; MASSARY, J. C.; DALECKY, A.; VILLIERS, J. F.; GRANJON, L.; PONDS, J. M. Ecological changes in recent land-bridge island in French Guiana, with emphasis on vertebrate communities. **Biological Conservation**, v. 91, p. 213-222. 1999.

DIXO, M. B. O. **Efeito da fragmentação da floresta sobre a comunidade de sapos e lagartos de serrapilheira no sul da Bahia**. 2001, 77f. Dissertação (Mestrado em Ciências). Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, São Paulo. 2001.

ELETRORÁS. Disponível em <<http://www.eletroras.com>> acesso 18 de abril 2008.

ELETRORÁS. **Plano Diretor de Meio Ambiente do Setor Elétrico 1991/93**. Rio de Janeiro. 1990.

ELETRORÁS. **Plano 2010**: Relatório Geral Plano Nacional de Energia Elétrica 1987/2010. Brasília, DF. 269p. 1987.

ELETRONORTE. **Macrozoneamento da Área de Influência, a Montante, do Lago-Reservatório da Usina Hidrelétrica de Tucuruí**. Documento base para discussões, Tucuruí, Pará. 145p. 2000.

ESRI (Environmental Systems Research Institute). **Arc GIS**. The Geographic Information System for Everyone. 2006.

FAHRIG, L. Effects of Habitat fragmentation on biodiversity. **Annu. Rev. Ecol. Syst**, v. 34, p. 487-515. 2003.

FEARNSIDE, P. M. Avança Brasil: Environmental and Social Consequences of Brazil's Planned Infrastructure in Amazônia. **Environmental Management**, v.30, n. 6, p. 735-47. 2002.

FEARNSIDE, P. M. Desmatamento na Amazônia brasileira: história, índices e conseqüências. Megadiversidade, v, 1. 2005.

FEARNSIDE, P. M. Social Impacts of Brazil's Tucuruí Dam. Environmental Management, v. 24. n. 4, p. 483-495. 1999.

FEELEY, K. J. Analysis of avian communities of lake Guri Venezuela, using multiple assembly rule models. **Oecologia**, n. 137, p. 104-113. 2003.

FERREIRA, L. V.; LAURANCE, W. F. Effects of forest fragmentation on mortality and damage of selected trees in central amazonia. **Conservation Biology**, v. 11, n. 3, p. 797-801.1997.

FERREIRA, L. V.; VENTICINQUE, E.; ALMEIDA, S. O Desmatamento na Amazônia e a importância das áreas protegidas. **Estudos Avançados**, v. [s.n.], p. 19-53. 2005.

FISCHER, J.; LINDENMAYER, D. B.; BARRY, S.; FLOWERS, E. Lizard distribution patterns in the tumult fragmentation "Natural Experiment" in south-eastern Australia. **Biological Conservation**, v. 123, p. 301-315, 2005.

FORMAN, R. T. T.; COLLINGE, S. K. Nature conserved in changing landscapes with and without spatial planning. **Landscape and Urban Planning**, v. 37, p. 129-135. 1997.

FUTUYMA, D. S. Biologia Evolutiva. **Ribeirão Preto: SBG/CNPq, 646p. 1992.**

GALATTI, U. **Avaliação e Monitoramento das Comunidades de Vertebrados na Área de Influência do Reservatório da UHE – Tucuruí – Relatório Final**, 303p. 2008.

GASCON, C.; LOVEJOY, T.E.; BIERREGAARD Jr, R. O.; MALCON, J. R.; STTOUFFER, P. C.; VASCONCELOS, H. L.; LAURANCE, W.F.; ZIMMERMAN, B.; TOCHER, M.; BORGES, S. Matrix habitat and richness in tropical forest remnants. **Biological Conservation**, v. 91.p.223-229. 1999.

HEINEN, J. T. Comparisons of the leaf litter herpetofauna in abandoned cação plantations and primary rain Forest in Costa Rica: Some implications for faunal restoration. **Biotropica**, v.24, n.3, p. 431-439. 1992.

HERMANN, B. C.; RODRIGUES, E.; LIMA A. A paisagem como condicionadora de bordas de fragmentos florestais. **Floresta**, v. 35, n.1, p. 13-22. 2005.

INPE (Instituto nacional de Pesquisas Espaciais). **Estimativa do desmatamento na Amazônia legal para o período Agosto 2005 – Agosto 2006**. Nota Técnica. Disponível em <<http://www.inpe.br>> Acesso em 11 de dez. 2007.

KAPOS, V. Effects of Isolation on the Water Status of Forest Patches in the Brazilian Amazon. **Journal of Tropical Ecology**, v. 5, p.173-185. 1989.

KLEIN, B. C. Effects of forest fragmentation on dung and carrion beetle communities in central amazonia. **Ecology**, v. 70, n.6. p.1715-1725. 1989.

LAURANCE, W. F. Edge effects in tropical forest fragments – application of a model for the design of nature-reserves. **Biological Conservation**, v. 52, n. 2, p. 205-219. 1991.

LAURANCE, W. F. Rainforest fragmentation kill bog trees. **Nature**, v. 404, p. 836. 2000.

LAURANCE, W. F. Theory meets reality: how habitat fragmentation research has transcended island biogeographic theory. **Biology Conservation**, v. 41, n.1, p. 1731-1744. 2008.

LAURANCE, W. F.; FERREIRA, L. V.; RANKIN-DE-MERONA, J.; LAURANCE, S. G.; HUTCHINGS, R. W.; LOVEJOY, T. E. Effects of forest fragmentation on recruitment patterns in amazonian tree communities. **Conservation Biology**, v. 12, n.2, p. 460-464. 1998.

LAURANCE, W. F.; LOVEJOY, T. E.; VASCONCELOS, H. E.; BRUNA, E. M.; DIDHAN, R. K.; STOUFFER, F. C.; GASCON, C.; BIERRAGAARD, R. O.; LANCE, S. G.; SAMPAIO, E. E. Ecosystem decay of Amazonian Forest fragments: a 22-year investigation. **Conservation Biology**, v. 16, n. 3, p. 605-618. 2002.

LIMA, J. F. **Composição e riqueza de espécies de anuros (Amphibia) em fragmentos florestais no Reservatório de Tucuruí, Pará**. 2006. 59f. Dissertação

(Mestrado em Zoologia). Museu Paraense Emílio Goeldi / Universidade Federal do Pará – MPEG/UFPA, Belém, Pará. 2006.

MCGARIGAL, K.; CUSHMAN, S. A.; NEEL M. C.; ENE, E. **FRAGSTATS**: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps. [Computer software program produced by the authors], 2002. Amherst: University of Massachusetts. Disponível <<http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>> Acesso em 11 de jan. 2007.

MACARTHUR, H. R.; WILSON, E. O. The theory of island biogeography. **Princeton - N.J Princeton university press. 203p. 1967.**

METZGER, J. P. Effects of deforestation pattern and private nature reserves on the forest conservation in settlement areas of the Brazilian Amazon. **Biota Neotropica**, v. 1, p. 1-14. 2001.

METZGER, J. P. Estrutura da paisagem: o uso adequado de métricas. In: CULLEN Jr. L.; RUDRAN, R., VALLADARES-PÁDUA, C. **Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre**. Curitiba: Editora da UFRPR / fundação O Boticário de Proteção à Natureza. 2003. p. 423-453.

METZGER, J. P. Estrutura da Paisagem e Fragmentação: Análise Bibliográfica. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 71, p. 3-1. 1999.

METZGER, J. P. Relationships between landscape structure and tree species diversity in tropical forest of south-east Brazil. **Landscape and Urban Planning**, v.37, p. 29-35. 1997.

MOURA-LEITE, J. C.; BÉRNILS, R. S.; MORATO, S. A. A. Método para caracterização da herpetofauna em estudos ambientais. In: MAIA - Manual para avaliação de impactos ambientais. **Programa de Impactos Ambientais de Barragens – PIAB**, 2ª ed. 1993.

MURCIA, C. Edge effects in fragmentation Forest: implications for conservation. **Tree**, v. 10, n. 2, p. 58-62. 1995.

NEPSTAD, D.; VERÍSSIMO, A.; MOUTINHO, P.; NOBRE, C. O empobrecimento oculto da floresta amazônica. **Ciência Hoje**, v.27, p. 70-73. 2000.

NOSS, R. F. Ecosystems as conservation targets. **Tree**, v. 11, p.351. 1996.

PAVAN, D. **Considerações ecológicas sobre a fauna de sapos e lagartos de uma área do cerrado brasileiro sob o impacto do enchimento do reservatório de Serra da Mesa.** 2002. 159f. Dissertação (Mestrado em Ciências) Universidade de São Paulo, São Paulo. 2002.

POUG, F. H.; JANIS, C. M.; HEISER, J. B. **A Vida dos Vertebrados.** São Paulo, Editora Atheneu, 699p. 2003.

REDFORD, K. H. The empty Forest. **Bio Science**, v. 42, n. 6, p. 412-422. 1992.

RODRIGUES, L. L. **Geoprocessamento como ferramenta na identificação e classificação de fragmentos florestais como potencial para soltura de fauna arborícola resgatada: Estudo de caso na Hidrelétrica de Luis Eduardo Magalhães (Lajeado- To).** 2001. 129f. Dissertação (Mestrado em Ecologia). Universidade de Brasília, Brasília., 2001.

SANCHES, F.; FISCH, G. As possíveis alterações microclimáticas devido a formação do lago artificial da hidrelétrica de Tucuruí – PA. **Acta Amazônica**, v.35, n.1, p.41-50. 2005.

SARRE, S; SMITH, G. T.; MEYERS, J. A. Persistence of two species of gecko (*Oedura reticulata* and *Gehyra variegata*) in remnant habitat. **Biology Conservation**, v. 71, n. 1, p. 25-33. 1995.

SCARIOT, A. Conseqüências da fragmentação da floresta na comunidade de palmeira na Amazônia central. **Série Técnica.** IPEF-EMBRAPA-CENARGEN, v.12, n.32, p. 71-86. 1998.

SCARIOT, A.; FREITAS, S. R.; NASCIMENTO, E. M.; OLIVEIRA, L. C.; SANAIOTTI, T. M.; SEVILHA, A. C.; VILLELA, D. M. Vegetação e Flora. In: RAMBALDI, D. M. OLIVEIRA, D. A. S. (eds). Fragmentação de Ecossistemas: Causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas. Ministério do Meio Ambiente / Secretaria de Biodiversidade e Florestas, Brasília, p.183-200. 2003.

SCHLAEPFER, M. A.; GAVIN, T. A. Edge effects on lizards and frogs in tropical forest fragments. **Conservation Biology**, v. 15\$, n.4, p. 1079-1090. 2001.

SILVA, D. J. **Efeitos da fragmentação sobre a comunidade de lagartos em áreas de floresta estacional semidecidual submontana no sudoeste de Mato Grosso, Brasil.** 2005, 100f. Tese (Doutorado em Biologia tropical e recursos naturais) -

Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas. 2005.

SILVANO, D. L.; COLLI, G. R.; DIXO, M. B. O.; PIMENTA, B. V. S.; WIEDERHECKER, H. C. Anfíbios e Répteis. In: RAMBALDI, D. M. OLIVEIRA, D. A. S. (eds). **Fragmentação de Ecossistemas: Causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas**. Ministério do Meio Ambiente / Secretaria de Biodiversidade e Florestas, Brasília. p.183-200. 2003.

SOULÉ, M. E., ALBERT, A. C., BOLGER, D. T. The effects of habitat fragmentation on chaparral plants and vertebrates. **Oikos**, v. 63, p. 39-47. 1992.

SPSS, INC. **Systat (the system for statistics) (Versão 10)**. 2000.

STRUSSAMANN, C.; PRADO, C. P. A.; UETANABRO, M.; FERREIRA, V. L. Levantamento de anfíbios e répteis de localidades selecionadas na porção sul da planície alagável do Pantanal e Cerrado do entorno, Mato Grosso do Sul, Brasil. **Boletim de Avaliação Biológica**, [s.n.].p. 219-223. 2000.

TAYLOR, P. D. Connectivity is a vital element of landscape structure. **Oikos**, v. 68, p. 571-573. 1993.

TERBORGH, J.; LOPEZ, L.; TELLO, J. Bird communities in transition: the reservatório Guri islands. **Ecology**, v. 78, n. 5, p. 1494-1501. 1997.

TINOCO, M. S.; DANTAS, T. B.; RIBEIRO, H. C. B.; LIMA, T. M.; ROCHA, P. B. **Indicações preliminares sobre a influência da fragmentação florestal e da qualidade da matriz de monocultura de eucalipto sobre a herpetofauna da Mata Atlântica no extremo-sul da Bahia**. In: Congresso de Ecologia do Brasil – 4. Fortaleza. p.136-138. 2003.

TISCHENDORF, L; FAHRIG, L. On the usage and measurement of landscape connectivity. **Oikos**, v. 90, p. 7–19. 2000.

TOCHER, D.; GASCON. M.; ZIMMERMAN, B. L. Fragmentation effects on a central Amazonian frog community: A ten-year study. In: GENTRY, A. H. (ed). **Four Neotropical Rainforest - Ecology, Management, and Conservation of Fragmented Communities**, p.235-246. Yale University Press, New Haven. 636p. 1997.

TURNER, I. M. Species loss in fragments of tropical rain forest: a review of the evidence. **Journal of Applied Ecology**, v. 33, p. 200-209. 1996.

VANZOLINI, P. E. Problemas Faunísticos do Cerrado. In: **Simpósio sobre o Cerrado**. EDUSP -São Paulo, p.305-321. 1963.

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

VITT, L. J.; COLLI, G. R.; CADWELL, J. P.; MESQUITA, D. O.; GARDA, A. G; FRANÇA, F. G. R. Detecting variation microhabitat use in low-diversity lizard assemblages across small-scale habitat gradients. **Journal of Herpetology**, v. 41, n. 4, p.654-663. 2007.

VITT, L. J.; MAGNUSSON, W. E.; AVILA-PIRES, T. C. S.; LIMA, A. P. **Guia de Lagartos da Reserva Adolfo Ducke. Amazônia Central**. Manaus Attema Design Editorial. 176 p. 2008.

VOLOTÃO, C. F. S. **Trabalho de análise espacial**: métricas do Fragstats. São José dos Campos: INPE, 45p. 1998. Disponível em <<http://www.dpi.inpe.br/geopro/papers.html>> - acesso 11 de abr. 2008.

WILLIAMS-LINERA, G. Vegetation structure and environmental conditions of forest edges in Panamá. **Journal of Ecology**, v. 78, p.356-373. 1990.

WU, J.; HUANG, J.; HAN, X.; GAO, X.; HE, F.; JIANG, M.; JIANG, Z.; PRIMACK, R. B. E.; SHEN, Z. The Three Gorges Dam: an ecological perspective. **Ecological Environmental**, v.2, n. 5, p. 241-48. 2004.

WU, J.; HUANG, J.; HAN, X.; GAO, X.; HE, F.; JIANG, M.; JIANG, Z.; PRIMACK, R. B.; SHEN, Z. Three Gorges Dam – experiment in habitat fragmentation? **Science**, v. 300, p. 1239-40. 2003.

ZAR, J. H. **Biostatistical Analysis**. 4a ed. Upper Saddle River, Prentice Hall. 663p. 1999.

ZIMMERMAN, B. L.; BIERREGAARD Jr., R. O. Relevance of the Equilibrium theory of island biogeography and species-area relations to conservation with a case from Amazonia. **Journal of Biogeography**, v. 13, n. 2, p. 133-143. 1986.

ZIMMERMAN, B.; RODRIGUES, M. T. Frogs, snakes, and lizards of the INPA - WWF reserves near Manaus, Brasil, 1990. In: GENTRY, A. H. (ed). **Four Neotropical Rainforest** - Ecology, Management, and Conservation of Fragmented Communities, p.426-452. Yale University Press, New Haven. 636p. 1997.

APÊNDICE – Lista dos Fragmentos (ilhas) analisadas neste estudo em relação às métricas de paisagem.

Fragmento(Ilha)	Margem	Área total (hectares)	Área nuclear (hectares)	Distância ao Vizinho mais Próximo (m)	Total de Borda
1	Esquerda	33	18	492	1,25
2	Esquerda	12	4	122	1,26
3	Esquerda	22	8	182	1,28
4	Esquerda	11	3	126	1,28
5	Esquerda	28	11	0	1,30
6	Esquerda	18	7	115	1,29
7	Esquerda	180	103	78	1,32
8	Esquerda	152	107	289	1,26
9	Esquerda	138	90	1246	1,28
10	Esquerda	47	25	950	1,27
11	Esquerda	28	14	64	1,25
12	Esquerda	23	9	193	1,28
13	Esquerda	1768	1383	28	1,33
14	Esquerda	46	21	751	1,30
15	Esquerda	40	21	170	1,26
16	Esquerda	133	87	65	1,28
17	Esquerda	20	5	191	1,31
18	Esquerda	45	18	65	1,31
19	Esquerda	27	6	173	1,32
20	Esquerda	21	9	35	1,28
21	Esquerda	30	7	420	1,33
22	Esquerda	142	91	122	1,29
23	Esquerda	214	132	104	1,31
24	Esquerda	19	8	207	1,26
25	Esquerda	55	25	104	1,30
26	Esquerda	29	12	332	1,28
27	Esquerda	44	18	165	1,30
28	Esquerda	19	8	472	1,28
29	Esquerda	216	156	116	1,27
30	Esquerda	46	28	75	1,25
31	Esquerda	20	10	438	1,24
32	Esquerda	31	14	682	1,27
33	Esquerda	169	99	74	1,31
34	Esquerda	73	45	266	1,26
35	Esquerda	59	35	116	1,27
36	Esquerda	36	11	126	1,33
37	Direita	74	37	209	1,31
38	Direita	4	0	80	1,28
39	Direita	22	10	296	1,28
40	Direita	15	6	139	1,26
41	Direita	48	23	139	1,28
42	Direita	8	2	120	1,27
43	Direita	315	196	120	1,33
44	Direita	6	1	437	1,25
45	Direita	18	8	281	1,25
46	Direita	99	56	31	1,30
47	Direita	30	11	176	1,30

Apêndice – continuação

Fragmento(Ilha)	Margem	Área total (hectares)	Área nuclear (hectares)	Distância ao Vizinho mais Próximo (m)	Total de Borda
48	Direita	16	5	584	1,27
49	Direita	3	0	570	1,28
50	Direita	17	8	127	1,24
51	Direita	21	10	280	1,25
52	Direita	175	101	113	1,32
53	Direita	30	15	46	1,26
54	Direita	13	4	164	1,28
55	Direita	25	11	64	1,26
56	Direita	35	14	64	1,29
57	Direita	29	15	117	1,25
58	Direita	91	47	217	1,31
59	Direita	103	64	162	1,28
60	Direita	6	1	220	1,27
61	Direita	18	6	117	1,29
62	Direita	10	2	202	1,30
63	Direita	42	17	174	1,31
64	Direita	8	2	184	1,27
65	Direita	22	6	43	1,29
66	Direita	6	1	113	1,27
67	Direita	5	1	145	1,26
68	Direita	938	671	31	1,34
69	Esquerda	13	1	173	1,37
70	Direita	52	25	35	1,30
71	Esquerda	58	26	641	1,31
72	Esquerda	65	29	232	1,32
73	Esquerda	72	36	49	1,31
74	Esquerda	17	3	323	1,32
75	Esquerda	13	4	260	1,29
76	Esquerda	50	24	196	1,28
77	Esquerda	33	12	257	1,31
78	Esquerda	85	40	75	1,32
79	Esquerda	19	4	186	1,34
80	Esquerda	48	19	102	1,32
81	Esquerda	35	12	97	1,32
82	Esquerda	25	10	1039	1,29
83	Esquerda	26	6	675	1,35
84	Esquerda	9	2	887	1,32
85	Esquerda	113	63	1011	1,31
86	Esquerda	13	2	390	1,32
87	Direita	19	9	401	1,24
88	Direita	156	105	152	1,28
89	Esquerda	42	15	420	1,33

Apêndice – continuação

Fragmento(Ilha)	Margem	Área total (hectares)	Área nuclear (hectares)	Distância ao Vizinho mais Próximo (m)	Total de Borda
90	Direita	37	10	264	1,34
91	Direita	48	19	20	1,31
92	Direita	6	2	48	1,23
93	Direita	6	2	379	1,23
94	Direita	22	10	37	1,25
95	Direita	20	6	264	1,30
96	Esquerda	5	1	1122	1,25
97	Esquerda	157	94	82	1,32
98	Esquerda	28	15	377	1,25
99	Direita	140	83	24	1,31
100	Direita	27	7	426	1,33
101	Esquerda	39	20	401	1,28
102	Esquerda	16	6	65	1,27
103	Esquerda	204	144	28	1,28
104	Direita	96	51	35	1,32
105	Direita	22	5	570	1,32
106	Direita	375	251	24	1,32
107	Direita	135	66	35	1,34
108	Esquerda	46	28	1770	1,25
109	Esquerda	31	10	195	1,32
110	Esquerda	12	5	357	1,25
111	Esquerda	39	19	83	1,28
112	Esquerda	11	5	83	1,24
113	Esquerda	84	46	584	1,30
114	Direita	23	6	765	1,31
115	Esquerda	14	6	260	1,26
116	Esquerda	20	9	689	1,27
117	Esquerda	17	5	83	1,31
118	Esquerda	13	3	100	1,29
119	Esquerda	15	7	232	1,25
120	Esquerda	14	5	530	1,28
121	Esquerda	11	2	1451	1,31
122	Esquerda	7	1	1424	1,31
123	Esquerda	17	7	64	1,27
124	Esquerda	19	4	101	1,32
125	Esquerda	9	3	422	1,27
126	Esquerda	22	8	544	1,29
127	Esquerda	100	39	79	1,36
128	Esquerda	55	27	160	1,30
129	Esquerda	59	19	291	1,35
130	Esquerda	37	17	291	1,30

Apêndice – continuação

Fragmento(Ilha)	Margem	Área total (hectares)	Área nuclear (hectares)	Distância ao Vizinho mais Próximo (m)	Total de Borda
131	Esquerda	125	65	664	1,33
132	Esquerda	91	45	584	1,33
133	Esquerda	129	58	1270	1,35
134	Esquerda	17	6	160	1,29
135	Esquerda	33	12	1601	1,32
136	Esquerda	15	3	154	1,32
137	Esquerda	84	31	79	1,36
138	Direita	36	20	300	1,26
139	Esquerda	53	25	82	1,31
140	Esquerda	17	8	102	1,26
141	Esquerda	33	18	108	1,26
142	Esquerda	189	113	97	1,32
143	Esquerda	59	28	35	1,32
144	Esquerda	14	3	101	1,30
145	Esquerda	13	5	117	1,26
146	Esquerda	17	7	117	1,27
147	Esquerda	19	7	154	1,29
148	Esquerda	28	11	495	1,30
149	Esquerda	86	37	0	1,34
150	Esquerda	133	77	74	1,31
151	Esquerda	11	5	984	1,22
152	Esquerda	99	65	5491	1,26
153	Direita	94	51	479	1,31
154	Direita	11	3	1468	1,28
155	Direita	75	26	164	1,35
156	Direita	42	12	108	1,34
157	Direita	32	13	108	1,31
158	Direita	123	70	338	1,31
159	Direita	16	6	335	1,27
160	Direita	10	3	189	1,27
161	Direita	20	5	304	1,31
162	Direita	99	55	95	1,30
163	Direita	11	3	1103	1,28
164	Direita	16	8	40	1,24
165	Direita	151	84	40	1,33
166	Direita	19	5	2375	1,31
167	Direita	20	8	323	1,29
168	Direita	17	7	43	1,27
169	Direita	17	7	195	1,27
170	Direita	40	14	11	1,32
171	Direita	55	27	11	1,30
172	Direita	25	7	51	1,31
173	Direita	9	2	129	1,29
174	Direita	5	1	217	1,29
175	Direita	6	1	281	1,27
176	Direita	26	10	1544	1,29

Apêndice – continuação

Fragmento(Ilha)	Margem	Área total (hectares)	Área nuclear (hectares)	Distância ao Vizinho mais Próximo (m)	Total de Borda
177	Direita	60	31	224	1,29
178	Direita	21	4	752	1,33
179	Direita	34	15	20	1,30
180	Direita	7	1	503	1,29
181	Direita	108	52	18	1,33
182	Direita	20	7	18	1,29
183	Direita	31	14	200	1,28
184	Direita	13	3	209	1,28
185	Direita	14	4	1798	1,28
186	Direita	288	189	129	1,31
187	Direita	17	7	37	1,27
188	Esquerda	236	168	78	1,28
189	Esquerda	22	9	384	1,28
190	Esquerda	65	38	100	1,27
191	Esquerda	44	22	588	1,28
192	Esquerda	58	33	408	1,27
193	Esquerda	690	560	207	1,27
194	Direita	1079	834	25	1,31
195	Direita	94	60	1798	1,27
196	Direita	192	115	60	1,32
197	Direita	90	52	426	1,29
198	Direita	208	148	25	1,28
199	Esquerda	178	127	182	1,26