

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA – INPA  
Programa de Pós-Graduação em Biologia Tropical e Recursos Naturais  
Programa de Pós-Graduação em Ecologia

Influência de fatores bióticos e abióticos na ocorrência e abundância de garças e  
socós em lagos do Arquipélago de Anavilhanas, Amazônia Central

Melissa Teixeira Rosas

Manaus – Amazonas

Fevereiro, 2009

MELISSA TEIXEIRA ROSAS

Influência de Fatores Bióticos e Abióticos na Ocorrência e Abundância de Garças e Socós em lagos do Arquipélago de Anavilhanas, Amazônia Central

Orientador: Renato Cintra

Dissertação apresentada à Coordenação do Programa de Pós-graduação em Ecologia do INPA como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Biologia, área de Concentração em Ecologia.

Manaus, Amazonas

Fevereiro, 2009

R789i Rosas, Melissa Teixeira

Influência de fatores bióticos e abióticos na ocorrência de garças e socós em lagos do Arquipélago de Anavilhanas, Amazônia Central / Melissa Teixeira -- Manaus : [s.n.], 2009.  
viii, 56 f. : il. (algumas color.)

Dissertação (mestrado)--INPA, Manaus, 2009.

Orientador: Renato Cintra  
Área de concentração: Ecologia

1. Ardeidae - Anavilhanas, Arquipélago das (AM) - Ecologia
2. Distribuição geográfica
3. Aves I. Título

CDD 19ª ed. 598.34045

**Sinopse:**

Testou-se, por meio de modelos de regressão logística e linear, a influência das características bióticas e abióticas de lagos sobre a distribuição e abundância de espécies de garças e socós nos lagos do arquipélago de Anavilhanas. A amostragem foi realizada em 45 lagos do Parque Nacional de Anavilhanas, durante o início da enchente de 2007.

**Palavras-chave:** distribuição, abundância, características dos lagos, Ardeidae, Amazônia Central, Parque Nacional de Anavilhanas

## AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais pelo amor e compreensão, e por sempre apoiar todos os meus projetos de vida e de carreira profissional.

Ao meu orientador Renato pela paciência e pela ajuda nos momentos difíceis.

Aos pesquisadores do ICMBio de Novo Airão, Bruno Marchena Tardio, Tatiana Alves, Giovanna Palazzi e Igor Matos Soares; pelo apoio logístico e pela hospitalidade.

A toda equipe do ICMBio de Novo Airão, Adenilson Azevedo dos Santos, Jefferson Gomes dos Santos, Antonio Craveiro Martins, Francisco de Assis dos Santos, Raimundo Oliveira da Silva, Janis Monteiro, Marli Gomes da Silva, Alegario Monteiro dos Santos, pela valorosa assistência prestada em campo.

À FAPPEAM pela bolsa de mestrado concedida.

Aos colegas de curso, pelo companheirismo e camaradagem. Especialmente ao Pancho e o Rato, que sempre responderam pacientemente as minhas perguntas sobre softwares que eu não dominava.

Ao estimado colega Victor Landeiro por ter me ajudado a conseguir os livros que eu precisava para entender melhor alguns conceitos fundamentais de ecologia.

À família Maciel pela imensa hospitalidade durante as semanas que me deram abrigo.

À minha querida irmã do coração, Geisianne Pimenta, por sempre ter me ajudado e incentivando nessa empreitada, por ter lido e comentado tudo que escrevi, mesmo quando era apenas um rabisco, e mesmo quando tudo me fazia querer desistir ela sempre me ajudou a continuar seguindo em frente.

Aos meus leais amigos, Silvana Drumond, Eduardo Maciel, Addison Lima, Érika Maruoka e Andrimarciely de Souza; que mesmo depois de tantos anos de amizade e nossas vidas terem tomado rumos distintos continuam me inspirando e encorajando sempre.

## RESUMO

Aves associadas à ambientes aquáticos tem sido objeto de estudo há muitos anos, especialmente no hemisfério norte, e nas últimas décadas também no sul do Brasil. Já na Amazônia brasileira, grande parte dos estudos foi realizada em sistemas de águas barrentas (brancas). Este é o segundo estudo sobre aves associadas à ambientes aquáticos de águas pretas na Amazônia brasileira, e o primeiro a investigar o efeito dos fatores ambientais, bióticos e abióticos, sobre a ocorrência e abundância de cinco espécies de garças e socós em 45 lagos. O estudo foi feito no Parque Nacional de Anavilhanas, durante o início da enchente de 2007. Dois modelos de regressão foram utilizados para testar os efeitos dos fatores ambientais e fatores de isolamento geográfico sobre a ocorrência e/ou abundância de cinco espécies de garças: *Ardea alba*, *Ardea cocoi*, *Egretta thula*, *Butorides striata* e *Tigrisoma lineatum*. O primeiro modelo de regressão avaliou os efeitos da profundidade do lago, transparência da água, concentração de nitrogênio, concentração de fósforo e riqueza de habitats marginais. O segundo modelo de regressão, visava testar principalmente os efeitos do isolamento geográfico do lago, e avaliou as seguintes variáveis: forma do lago, distância da margem do rio e distância do lago mais próximo. Exceto para *Ardea cocoi*, as outras quatro espécies de garças e socós tiveram sua ocorrência e/ou abundância influenciadas por pelo menos uma das variáveis. Entretanto, os modelos gerais explicaram pouco da variação na abundância e na ocorrência dessas espécies, provavelmente porque outros fatores além dos analisados influenciam a distribuição e abundância das garças dentro dos lagos de Anavilhanas.

**Palavras-chave:** distribuição, abundância, características dos lagos, Ardeidae, Amazônia Central, Parque Nacional de Anavilhanas.

## ABSTRACT

Birds associated with aquatic environments have been studied for many years, especially in the northern hemisphere, and in the last decades also in southern Brazil. However, in the Brazilian Amazon most studies were carried out on systems of muddy water. This present study is the second on birds associated with aquatic environments of black water in the Brazilian Amazon, and the first to investigate the effect of environmental factors, biotic and abiotic, on the occurrence and abundance of five species of herons in 45 lakes. The study was done in the Anavilhanas National Park, during the early flood of 2007. Two regression models were used to evaluate the effects of environmental factors on the occurrence and / or abundance of five species of herons: *Ardea alba*, *Ardea cocoi*, *Egretta thula*, *Butorides striata* and *Tigrisoma lineatum*. The first regression model assessed the effects of the depth of the lake, the water transparency, the concentration of nitrogen and phosphorus and the richness of marginal habitats. The second regression model primarily aimed at testing the effects of the lake geographical isolation, and assessing the following variables: the lake form, the distance of the riverbank and the nearest lake. All species of herons except for *Ardea cocoi* had their occurrence and / or abundance influenced by at least one of the variables. Nonetheless, the general models explained little of the variation in abundance and the occurrence of these species. It probably happened because other factors also influence the distribution and abundance of herons in the Anavilhanas lakes.

**Keywords:** distribution, abundance, lakes features, Ardeidae, Central Amazon, Anavilhanas National Park.

## LISTA DE FIGURAS

**Figura 1** - Numeração dos lagos em que foram feitos os levantamentos de espécies de garças, representados em cinza. A parte branca representa as ilhas referentes ao Arquipélago de Anavilhanas, AM, e a terra firme; a parte escura o Rio Negro e seus tributários.

**Figura 2** – Mapas de distribuição das espécies de garças nos lagos do Arquipélago de Anavilhanas, AM.

**Figura 3** – Parciais da regressão múltipla linear da variação na riqueza das espécies de garças, no Arquipélago de Anavilhanas, Amazônia Central, em relação às variáveis ambientais (profundidade do lago, riqueza de habitat, e distância da margem do rio), somente as que tiveram relação significativa ( $p < 0.05$ ). Alguns números nos eixos são negativos porque a regressão parcial representa o desvio dos resultados esperados se todas as outras variáveis independentes são mantidas nas médias observadas.

**Figura 4** - Parciais da regressão múltipla linear para a abundância das espécies de garças, no Arquipélago de Anavilhanas, Amazônia Central, em relação às variáveis ambientais (profundidade do lago, transparência da água, riqueza de habitats, e concentração de fósforo), são apresentadas somente as relações significativas ( $p < 0.05$ ), veja Tabela 3 para o resultado do modelo completo.

**Figura 5** – Curvas descritivas dos ajustes dos modelos das regressões logísticas simples entre a ocorrência de espécies de garças, no Arquipélago de Anavilhanas, Amazônia Central, e as variáveis ambientais que as influenciaram ( $p < 0.05$ ), os resultados correspondem aqueles das Tabelas 5 e 6.

## SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	iv
RESUMO .....	v
ABSTRACT .....	vi
LISTA DE FIGURAS .....	vii
SUMÁRIO.....	viii
RESUMO .....	2
ABSTRACT .....	3
INTRODUÇÃO .....	4
MATERIAL E MÉTODOS.....	10
RESULTADOS .....	17
DISCUSSÃO .....	21
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	28
APÊNDICES .....	48



**Influência de Fatores Bióticos e Abióticos na Ocorrência e Abundância de Garças e Socós em Lagos do Arquipélago de Anavilhanas, Amazônia Central**

Melissa Rosas<sup>1</sup>, Renato Cintra<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Pós-graduação em Ecologia, Instituto Nacional de Pesquisas na Amazônia, [rosasmelissa@gmail.com](mailto:rosasmelissa@gmail.com), <sup>2</sup>Instituto Nacional de Pesquisas na Amazônia, [cintra@inpa.gov.br](mailto:cintra@inpa.gov.br)

De acordo com as normas da Coordenação do curso de Ecologia – INPA, a formatação da dissertação deve seguir o formato de artigo. Portanto, a partir desse ponto até a discussão, a formatação segue as normas da Revista Brasileira de Ornitologia.

## RESUMO

Aves associadas à ambientes aquáticos tem sido objeto de estudo há muitos anos, especialmente no hemisfério norte, e nas últimas décadas também no sul do Brasil. Já na Amazônia brasileira, grande parte dos estudos foi realizada em sistemas de águas barrentas (brancas). Este é o segundo estudo sobre aves associadas à ambientes aquáticos de águas pretas na Amazônia brasileira, e o primeiro a investigar o efeito dos fatores ambientais, bióticos e abióticos, sobre a ocorrência e abundância de cinco espécies de garças e socós em 45 lagos. O estudo foi feito no Parque Nacional de Anavilhanas, durante o início da enchente de 2007. Dois modelos de regressão foram utilizados para testar os efeitos dos fatores ambientais e fatores de isolamento geográfico sobre a ocorrência e/ou abundância de cinco espécies de garças: *Ardea alba*, *Ardea cocoi*, *Egretta thula*, *Butorides striata* e *Tigrisoma lineatum*. O primeiro modelo de regressão avaliou os efeitos da profundidade do lago, transparência da água, concentração de nitrogênio, concentração de fósforo e riqueza de habitats marginais. O segundo modelo de regressão, visava testar principalmente os efeitos do isolamento geográfico do lago, e avaliou as seguintes variáveis: forma do lago, distância da margem do rio e distância do lago mais próximo. Exceto para *Ardea cocoi*, as outras quatro espécies de garças e socós tiveram sua ocorrência e/ou abundância influenciadas por pelo menos uma das variáveis. Entretanto, os modelos gerais explicaram pouco da variação na abundância e na ocorrência dessas espécies, provavelmente porque outros fatores além dos analisados influenciam a distribuição e abundância das garças dentro dos lagos de Anavilhanas.

**Palavras-chave:** distribuição, abundância, características dos lagos, Ardeidae, Amazônia Central, Parque Nacional de Anavilhanas.

## ABSTRACT

Birds associated with aquatic environments have been studied for many years, especially in the northern hemisphere, and in the last decades also in southern Brazil. However, in the Brazilian Amazon most studies were carried out on systems of muddy water. This present study is the second on birds associated with aquatic environments of black water in the Brazilian Amazon, and the first to investigate the effect of environmental factors, biotic and abiotic, on the occurrence and abundance of five species of herons in 45 lakes. The study was done in the Anavilhanas National Park, during the early flood of 2007. Two regression models were used to evaluate the effects of environmental factors on the occurrence and / or abundance of five species of herons: *Ardea alba*, *Ardea cocoi*, *Egretta thula*, *Butorides striata* and *Tigrisoma lineatum*. The first regression model assessed the effects of the depth of the lake, the water transparency, the concentration of nitrogen and phosphorus and the richness of marginal habitats. The second regression model primarily aimed at testing the effects of the lake geographical isolation, and assessing the following variables: the lake form, the distance of the riverbank and the nearest lake. All species of herons except for *Ardea cocoi* had their occurrence and / or abundance influenced by at least one of the variables. Nonetheless, the general models explained little of the variation in abundance and the occurrence of these species. It probably happened because other factors also influence the distribution and abundance of herons in the Anavilhanas lakes.

Keywords: distribution, abundance, lakes features, Ardeidae, Central Amazon, Anavilhanas National Park.

## INTRODUÇÃO

A bacia amazônica possui uma ampla variedade de ambientes aquáticos que servem não somente como habitat para animais estritamente aquáticos, mas também disponibiliza recursos alimentícios para outras espécies (Junk 1997, Winemiller 2005). Dentre as espécies que dependem diretamente desses ambientes há um grande número de espécies de aves, componentes importantes das cadeias tróficas ecológicas, pois desempenham um importante papel como predadores de topo de cadeia em diferentes amplitudes de nicho trófico (Steinmetz *et al.* 2003, Winemiller 2005).

Existe muita controvérsia em torno do conceito de nicho (Leibold 1995), entretanto, um ponto comum a todas as vertentes dessa teoria relaciona a ocupação de um nicho por uma espécie tanto a fatores históricos, quanto com a necessidade de que atenda aos requisitos básicos exigidos pela espécie (Grinell 1917, Elton 1927, MacArthur e Levins 1967). Grande parte destes requisitos está relacionada, direta ou indiretamente, à estrutura e à composição do habitat. A variação de características, tanto bióticas como abióticas, pode levar a uma ampla variedade de nichos, que influenciam a distribuição e a abundância de espécies.

Muitos fatores relacionados à estrutura do habitat influenciam a distribuição de aves aquáticas, como por exemplo, características físicas e químicas de lagos, tais como o tamanho, profundidade e produtividade (Moreno *et al.* 2004, Gawlick e Crozier 2007, Johnson, 2007). No entanto, além dessas características básicas, também podem existir outras influências mais sutis, relacionadas aos diversos tipos de habitat que podem ser encontrados as margens do lago (Jones 2001).

Espécies de aves associadas à ambientes aquáticos em sistemas lacustres têm sido objetos de estudo há muitos anos, especialmente no hemisfério Norte. No Canadá, detectou-se

que assembléias de aves e peixes estão correlacionadas entre si, indicando assim, que os dois grupos são fortemente influenciados pelas mesmas características ambientais dos lagos, principalmente tamanho, profundidade máxima, e em menor extensão, produtividade do lago e isolamento geográfico (Paszkowski e Tonn 2000).

A vegetação também constitui um fator determinante para a abundância de aves aquáticas. Por exemplo, a influência desse fator na abundância de aves pernaltas dos Everglades é muito forte, sendo superado apenas pela profundidade da água (Bancroft *et al.* 2002). Neste estudo, os autores utilizaram de imagens de satélite e também sugeriram que uma possível mudança na escala espacial possa aumentar a influência da vegetação sobre esse grupo de aves aquáticas.

No Brasil, grande parte dos estudos com aves associadas a ambientes aquáticos em sistemas lacustres foram realizadas no sul ou sudeste do país (Branco 2003, Moreno *et al.* 2004, Guadagnin *et al.* 2005, Guadagnin *et al.* 2009, Alves e Pereira 1998). No estado do Rio Grande do Sul foi encontrado que a composição de espécies de aves aquáticas em dois ambientes distintos, fragmentos de áreas alagáveis e duas lagoas da região costeira, é similar e possui um forte gradiente temporal e espacial (Guadagnin *et al.* 2005). No estado de Minas Gerais, Rodrigues e Michelin (2005) ao inventariar e monitorar a avifauna aquática durante três anos e meio encontraram maior diversidade de espécies residentes e visitantes durante a estação de transição, entre a época chuvosa e a época seca, na Lagoa Santa.

Na Amazônia, poucos estudos foram realizados com garças, sendo que a maior parte foi conduzida na Amazônia Peruana, (Rosenberg 1990, Robinson 1997). Já na Amazônia brasileira, os estudos publicados envolvendo garças em ambientes aquáticos fluviais se deram principalmente em rios de água barrenta (branca) ou em sistemas mistos, que envolviam águas brancas e brancas decantadas (Cintra *et al.* 2007b, Naka *et al.* 2007). Os poucos estudos

exclusivos a ambientes de águas pretas foram realizados com comunidades de aves, incluindo as garças juntamente com outras espécies de aves aquáticas nas análises (Cintra *et al.* 2007a).

Dos diversos tipos de ambientes aquáticos amazônicos, os mais estudados têm sido aqueles relacionados às áreas de transição afetadas fortemente pelo pulso de inundação, como por exemplo, florestas de várzea em ilhas e em áreas adjacentes a florestas de terra firme (Naka *et al.* 2007, Cohn-Haft *et al.* 2008). Enquanto outros tipos de habitats, como bancos de areia e lagos formados pela ação dos rios não têm recebido tanta atenção (Pettermann 1997).

Entre os poucos estudos feitos em lagos, à maioria foi conduzida em áreas de várzea. Cintra *et al.* (2007b) realizaram um estudo com comunidades de aves aquáticas no sistema lacustre das Reserva de Mamirauá e de Amanã, e ao relacionarem a forma do lago com a riqueza e abundância de espécies, encontraram que em corpos de água com formato mais complexos (alongado e até dendrítico), a riqueza e abundância de espécies foram menores do que em lagos de formato mais circular ou arredondado. Os autores sugerem que isto ocorre porque durante o período da cheia os recursos alimentares, peixes e outros organismos aquáticos, estão mais dispersos e as aves tendem a ser mais territorialistas e em lagos com formatos mais alongados as margens tendem a estarem mais próximas, portanto as aves podem defender seu território incluindo ambas as margens do lago, isso diminui a colonização e em consequência a riqueza e a abundância de aves associadas a esse ambiente.

As espécies de garças que ocorreram nos lagos de Mamirauá e Amanã não fizeram parte do mesmo agrupamento na ordenação de distribuição da abundância das espécies em relação ao gradiente ambiental produzido pela forma do lago. Nesse caso, membros da família Ardeidae estiveram presentes em cada um dos três grupos formados na ordenação, o que indica que a variações na forma do lago influenciaram de diferentes modos cada uma das cinco espécies de garça presentes na comunidade (Cintra *et al.* 2007b). Esse tipo de informação é muito útil para entendermos como os fatores ambientais influenciam a

composição das comunidades de aves associadas à ambientes aquáticos. Entretanto, estudos populacionais para investigar como as espécies respondem individualmente às variações nos fatores ambientais ainda não haviam sido realizados na Amazônia até o presente estudo.

As planícies inundáveis da Amazônia sofrem forte influência do pulso de inundação, resultante da elevação dos níveis dos rios em função da precipitação sazonal (Junk 1997). Por sua vez, essas mudanças sazonais do nível dos rios promovem alterações na extensão das margens destes, e, conseqüentemente, mudanças nos tipos de habitat marginais (Remsen e Parker 1983). Tal tipo de mudança é mais evidente dentro de lagos, pois o volume de água altera, muitas vezes, a forma e a extensão dos habitats temporários sazonais criados pelas vazantes e cheias ao longo das margens destes. Essa mudança periódica nos tipos de habitat aumenta a complexidade do ambiente ao longo das margens dos lagos, podendo produzir mudanças na composição de espécies da comunidade associada à ambientes aquáticos e de espécies que dependem dos recursos alimentícios oriundos desses ambientes (Arrington e Winemiller 2006, Jones 2001, Cintra *et al.* 2007a)

Um melhor entendimento dos padrões de dispersão das populações é fundamental para estratégias de conservação efetivas para a maioria das espécies (Haig *et al.* 1998). Fatores que afetam a dinâmica de populações de aves com grande mobilidade são difíceis de decifrar devido às mudanças de condições de variação ambiental dos locais de reprodução, migração e áreas de alimentação. Dependendo da espécie, a dispersão por indivíduos pode envolver movimentos que vão de 100 m a 1 km de distância (Clarck *et al.* 2004).

Estudos sobre os ambientes mais atrativos para aves com grande mobilidade apesar de serem um grande desafio, são imprescindíveis para iniciar o entendimento dos fatores ambientais que afetam a variação no movimento de indivíduos nessas populações. Além disso, a presença de determinadas espécies de garças e concentrações de indivíduos de uma mesma espécie também podem servir de indicadores do bom estado de conservação do

sistema aquático, especialmente em sistemas lacustres (Hilty e Merenlender 2000, Yeh 2003). Flutuações abruptas no número de indivíduos das populações de presas potenciais das garças podem afetar também a população de garças, conforme Paszkowski e Tonn (2000) constataram em seu estudo nos lagos da Canadá, onde a mudança na diversidade e abundância de pequenos animais aquáticos, como pequenos peixes e invertebrados, influenciaram a dinâmica populacional das aves aquáticas.

A maior parte das espécies de garças são aves de grande porte, têm alta mobilidade, mas também são sedentárias ao encontrar bons locais de alimentação, onde apresentam comportamento territorialista (Martinez-Vilalta e Motis 1992). Este último aspecto é especialmente destacável em ambientes onde a abundância de recursos alimentícios disponíveis é baixa ou altamente dispersa. Portanto a variação local e regional na produtividade primária aquática e na variabilidade nos habitats de sistemas aquáticos pode influenciar o uso pelas garças desses ambientes e certamente ter influência sobre a distribuição e abundância dessas espécies.

Cintra (2009) encontrou relação entre abundância local e amplitude de distribuição para as aves de ambientes aquáticos (lagos) no arquipélago de Anavilhanas. As espécies mais abundantes localmente também têm ampla distribuição no arquipélago, ocorrendo em muitos lagos. Sendo assim, a principal predição do presente estudo é que espécies de garça com ampla distribuição nos lagos do arquipélago têm abundâncias mais relacionadas com as características bióticas e abióticas dos lagos do que as demais espécies.

Devido à escassez de informações sobre a ecologia das diferentes espécies de garças e socós em sistemas lacustres de água preta, este estudo foi realizado para oferecer informações sobre a distribuição e abundância de garças e socós nos lagos do Parque Nacional de Anavilhanas. Cintra et al. (2007a) realizou o primeiro estudo com aves nas ilhas e nos lagos do Arquipélago de Anavilhanas. E o presente estudo é o segundo feito com aves associadas à



ambientes aquáticos de águas pretas na Amazônia brasileira, e o primeiro realizado exclusivamente com populações de garças e socós. No presente estudo foram testadas as possíveis relações existentes entre a ocorrência e a abundância dessas aves com algumas das características ambientais, bióticas e abióticas dos lagos, e com características referentes ao isolamento geográfico do lago. Sendo assim, foram utilizados esses dois modelos para averiguar se os fatores ambientais têm mais influência na distribuição e abundância das espécies de garças e socós do que os fatores de isolamento geográfico, nos lagos do Parque Nacional de Anavilhanas.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Área de Estudo

O estudo foi realizado no Parque Nacional de Anavilhanas (3°02'11" S e 2°03'27" S, 60°22'38" W e 61°12'25" W), uma unidade de conservação administrada pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), localizada na parte oriental do Estado do Amazonas a 40 km noroeste da capital Manaus. O Parque Nacional de Anavilhanas possui uma área de 350.000 ha, que inclui o arquipélago inteiro de Anavilhanas no Rio Negro e uma extensa faixa de terra firme na margem esquerda do rio.

O Parque Nacional de Anavilhanas possui cerca de 70 lagos, em geral alongados e de formato elíptico, provavelmente devido ao processo de formação das ilhas do arquipélago, que possuem formato alongado e estreito decorrente dos longos anos de sedimentação de material oriundo do Rio Branco, segundo a hipótese mais aceita (Latrubesse *et al.* 2000). Os dados para o presente trabalho foram coletados em 45 lagos sorteados previamente e marcados com números em um mapa (Figura 1). Devido às dificuldades de acesso para alguns lagos, houve um segundo sorteio para substituir estes lagos por outros que pudessem ser acessados. Por isso a numeração dos lagos adquiriu um caráter alfa-numérico não-linear (Apêndice 1).

O clima da região é do tipo quente e úmido (Afi de Köppen) sendo: A- clima tropical praticamente sem inverno, a temperatura do mês mais frio nunca é inferior a 18°C e o mês mais árido com uma umidade relativa superior a 60%; f- chuvas durante todo o ano, com

precipitação média anual de 1000 a 2500 mm; i- indica isoterminia e as oscilações anuais de temperatura média não chegam a 5°C, não havendo propriamente verão nem inverno (Ribeiro 1976).

Em Anavilhanas o nível do rio oscila ao longo do ano de acordo com o pulso de inundação, que é regulado pelo regime das chuvas (Junk 1997). O padrão e a amplitude da oscilação são similares àqueles obtidos para o Rio Negro na cidade de Manaus, apresentando um desnível médio de 10 m entre os picos das cheias e secas (Schmidt 1973), que determina a presença de uma fase de transição terrestre e aquática ao longo do ano de grande importância para os organismos que vivem nesse ambiente (Junk 1997).

#### Coleta de Dados

A coleta de dados foi realizada em 45 lagos, através de levantamentos visuais entre os dias 14 de novembro e 17 de dezembro, no início da enchente de 2007, no horário compreendido entre 6h30 e 18h00. A coleta de dados dos parâmetros bióticos e abióticos dos lagos foi realizada nos mesmos 45 lagos onde foram realizados os levantamentos das espécies de aves.

#### Levantamento das espécies de aves

Para o levantamento das espécies de aves contabilizadas neste estudo, cada lago foi visitado em dois períodos, manhã e tarde, com o intuito de maximizar o esforço de coleta e evitar que espécies mais ativas em apenas um dos períodos do dia fossem deixadas fora dos levantamentos. Provavelmente não ocorreram falsas ausências (Mackenzie e Royle 2005) durante o levantamento de espécies, pois os ardeídeos constituem um grupo em que a maioria

dos indivíduos possui tamanho de corpo entre médio e grande, e, portanto, facilmente detectáveis e identificáveis; e todas as espécies dessa família costumam permanecer o dia inteiro nas margens de ambientes aquáticos.

Durante o período da manhã foi realizado o primeiro levantamento juntamente com a contagem de habitats, o registro dos parâmetros físicos do lago e a coleta de amostras de água (veja abaixo); e no período da tarde foi realizado apenas o segundo levantamento. Nos dois períodos, cada lago foi totalmente percorrido com barco de alumínio e motor de 15 HP, mantendo-se uma distância de cerca de 20 metros da margem a uma velocidade de 15 a 30 km/h, controlada por um GPS Garmin-etrex. Quando necessário, as aves foram identificadas com auxílio de binóculo (10x30) e guias de campo. As espécies novas que ocorreram somente no segundo levantamento foram adicionadas às espécies registradas na primeira contagem. O valor de abundância utilizado nos modelos de regressão para cada espécie foi o do período (manhã ou tarde) que teve maior número de indivíduos para a espécie testada no modelo.

#### Protocolo de amostragem

Para cada lago foram usadas fotocópias da ficha de campo contendo uma lista em ordem alfabética das espécies potenciais, tipos de habitats e espaços para registrar as características dos lagos (nome, coordenadas geográficas, profundidade, orientação, tipo de água, e transparência), sendo uma ficha para cada lago. Ao final do levantamento das espécies de aves, foram registradas no centro do lago as coordenadas geográficas, a profundidade do lago, a transparência da água, e foi realizada a coleta de uma amostra de aproximadamente 50 ml, em frasco plástico estéril de 50 ml, de água do lago entre 10 e 20 cm abaixo da superfície. Essa amostra de água foi usada para a determinação em laboratório das concentrações de nitrogênio e fósforo, os quais são bons indicadores da produtividade primária do lago

(Trevisan e Fosberg 2007). Para cada avistamento de aves foram registrados, a espécie, o número de indivíduos, e o tipo de habitat presente na margem do lago e logo a frente da linha d'água (veja próxima seção). Registrei os tipos de habitats marginais a cada 10 segundos durante todo o período em que o levantamento das espécies de aves foi realizado em trinta dos quarenta e cinco lagos, nos outros quinze lagos o registro dos tipos de habitat foi feito por outra ajudante de campo. As aves que passaram voando pelo lago não foram registradas. O levantamento foi realizado em curto período, dezesseis dias dentro de um intervalo de tempo de cerca de um mês, entretanto, cobriu um grande número de lagos, para obter uma representatividade do sistema. Esse procedimento é conveniente em estudos onde as aves não são capturadas e marcadas, e evita registrar a mesma ave duas vezes e, portanto, superestimar os números contados.

O arquipélago de Anavilhanas possui lagos de vários tamanhos. À medida que o tamanho do lago aumenta, é esperado que a riqueza de espécies e a abundância de indivíduos também aumentem de maneira concomitantemente, como previsto pela teoria de biogeografia de ilhas (MacArthur e Wilson 1967). Para tornar comparável a riqueza e a abundância de espécies, o esforço de amostragem foi padronizado, dividindo-se o número de indivíduos de cada espécie de ave pelas áreas dos lagos nos quais elas ocorreram. A densidade obtida foi então usada nas análises estatísticas para as variáveis quantitativas.

#### Registro dos tipos de habitat

Os tipos de habitat encontrados à margem dos lagos foram caracterizados principalmente pela fisionomia do tipo de vegetação que os compõem, além das espécies de plantas localmente bem conhecidas, por isso foram divididos de acordo com o aspecto vegetativo predominante visualizado pelo observador nas seguintes categorias: 1) bancos de

capim (*Oryza perennis*); 2) estandes de arbustos de araçá-do-igapó (*Eugenia inundadta*) e camu-camu (*Myrciaria dubia*); 3) estandes de touceiras de carauaçu (*Symmeria panicullata*); 4) predomínio de macacarecuia (*Eichweilera tenuifolia*); 5) presença de troncos mortos caídos; 6) presença de troncos mortos em pé; 7) floresta secundária dominada por embaúba (*Cecropia* spp.); 8) floresta secundária dominada por jauaris (*Astrocaryum jauari*); 7) praia de areia; 8) estandes de arbustos de solanáceas; 9) Floresta de igapó (tendo como espécies predominantes: arapari (*Macrolobium acacifolium*), macucu-do-igapó (*Aldina latifolia*), ipê (*Tabebuia barbata*), e outras resistentes a inundaçãõ anual); 10) praia de barro sem vegetaçãõ; 11) praia de barro coberta por capim (*Oryza perennis*) e Cyperaceae.

#### Coleta dos dados de parâmetros físicos

Registro da profundidade e coleta de amostras para análises de potencial de produtividade do lago (fósforo total e nitrogênio total)

A profundidade dos lagos foi registrada no centro do lago. Um peso de 5 kg amarrado em corda de nylon grossa de 20 m graduada a cada meio metro foi baixado perpendicularmente ao plano da canoa de alumínio completamente parada, até tocar o fundo do lago. A transparência da água foi registrada também no centro do lago com um disco de Secchi perfurado e preso no centro amarrado a 1 m do peso de 5Kg na mesma corda utilizada para medir a profundidade. Também no centro do lago foi coletado, em recipiente plástico estéril e com tampa de rosca, entre 10 e 20 cm abaixo da superfície, uma amostra de 50 mL da água. As concentrações ( $\mu\text{mol L}^{-1}$ ) de nitrogênio total (NT) e fósforo total (FT) nas amostras de água foram determinadas por análises simultâneas (Valderrama 1981) realizadas no laboratório de geociências do INPA

(Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia). As amostras foram primeiramente digeridas com uma mistura de peróxido de potássio, ácido bórico e hidróxido de sódio em uma panela de pressão. A concentração de fósforo foi determinada por absorvância de luz em 882 nm. Amostras para concentração de nitrogênio foram submetidas a uma coluna de Cádmio com soluções de amônio clorito e sulfanilamida, seguidas pela adição de dihidroclorido etilenodiamino para a absorvância de luz em 543 nm.

Fósforo total e nitrogênio total foram usados como um índice de produtividade dos lagos. Recentemente um estudo realizado em 20 lagos na área de Manaus (incluindo três nas proximidades de Anavilhanas) mostrou relações significativas entre fósforo total e clorofila a e nitrogênio total e clorofila a, o principal indicador de produtividade aquática (Trevisan e Fosberg 2007).

O programa Global Mapper versão 6.09 foi utilizado para estimar as dimensões da área e do perímetro dos lagos em imagem de satélite georreferenciada, e também as distâncias do centro de cada lago em relação à margem mais próxima do Rio Negro e a distância do centro do lago mais próximo.

Para estimar a forma dos lagos foi usado o índice de forma (SI) de Patton (1975), adaptado para unidades métricas, através da seguinte fórmula:

$$SI = P / 200 (\pi A)^{0.5} * 100$$

Onde: SI= Índice de forma do lago; P = Perímetro do lago em quilômetros;  $\pi$  = 3,1416; A= Área do lago em quilômetros quadrados. Utilizando esta fórmula, um lago de formato circular assume valor de SI = 1, enquanto outras formas assumem valores acima de 1, até valores entre 3 e 6 dependendo da complexidade do formato do lago.

## Análises Estatísticas

As análises estatísticas foram feitas utilizando o programa R versão 2.6.1.

Primeiramente, foi realizada uma análise de correlação de Pearson com as variáveis independentes registradas para averiguar quais estariam correlacionadas significativamente (Tabela 1). Foram incluídas as seguintes variáveis: profundidade, transparência, forma do lago, concentração de fósforo (P) e nitrogênio (N) – que foram utilizados como índices de produtividade, riqueza de habitats marginais, distância da margem mais próxima à margem do rio, e distância do lago mais próximo. Houve correlações significativas entre forma do lago e concentração de fósforo; e entre riqueza de habitat e distância do lago mais próximo. Desse modo para evitar variáveis correlacionadas no mesmo modelo de regressão, foram utilizados dois modelos. O primeiro modelo visa testar os efeitos das características ambientais, características físico-químicas dos lagos e riqueza de habitats marginais; e o segundo modelo visa testar principalmente os efeitos das características geográficas de isolamento do lago:

### MODELO 1:

Garças = constante + Profundidade + Transparência + N + P + Riqueza de Habitat.

### MODELO 2:

Garças = constante + Forma do lago + Distância da Margem + Distância do lago mais próximo.



Para testar o efeito das características físico-químicas dos lagos na ocorrência (presença/ausência) das espécies de garças foi utilizada a análise de regressão múltipla logística para cada uma das espécies. Esse tipo de análise é apropriado para quando a variável dependente é binária (0 = ausente; 1 = presente).

Análises de regressão múltipla linear foram utilizadas para averiguar o efeito das variáveis independentes sobre a riqueza e abundância das espécies de garças. Para cumprir os pressupostos dos modelos lineares, foram retirados os outliers que correspondiam a extremos das variáveis independentes das seguintes espécies: *Ardea alba*, *Ardea cocoi*, *Egretta thula* e *Butorides striata*, e depois os dados de abundância divididos pela área do lago (densidade) foram transformados para raiz cúbica. Para averiguar a possível colinearidade entre as variáveis preditoras utilizadas nos dois modelos, foi utilizado o fator de inflação da variância (VIF = Variance Inflation Factor), que mede a correlação entre as variáveis e indica que o modelo precisa ser reformulado quando VIF atinge valores acima de 10. Visto que todos os valores calculados de VIF ficaram em torno de 1.02 e 1.51 (Tabelas 3 e 4), assumiu-se que não houve multicolinearidade entre as variáveis preditoras nos modelos testados. Para detectar possíveis problemas de não-linearidade nas regressões múltiplas, foram feitos gráficos dos resíduos de cada uma das parciais das regressões múltiplas (Apêndice 2).

## RESULTADOS

Durante o levantamento foram registradas sete espécies de garças e socós: *Ardea alba* (garça-branca-grande), *Ardea cocoi* (garça-moura), *Egretta thula* (garça-branca-pequena),

*Butorides striata* (socozinho) e *Tigrisoma lineatum* (socó-boi), *Tigrisoma fasciatum* (socó-boi-escuro) e *Agamia agami* (garça-da-mata).

Apenas duas espécies foram amplamente distribuídas no arquipélago, *Ardea cocoi* foi registrada em 96 % dos lagos, e *Ardea alba* em 89 % dos lagos. *Butorides striata* ocorreu em 62% dos lagos, e *Egretta thula* ocorreu em 27% dos lagos em que o levantamento foi feito, as demais espécies tiveram sua ocorrência restrita a poucos lagos da área de estudo (Apêndice 1).

*Tigrisoma fasciatum* e *Agamia agami* tiveram apenas um registro durante os três levantamentos de espécies, e por isso foram excluídas das análises de regressão. Os dados de *Tigrisoma lineatum* foram utilizados apenas para a ocorrência e nas análises de regressão logística devido ao pequeno número de registros desta espécie durante o presente estudo. E os dados de *Ardea cocoi* foram testados apenas nas análises de regressão múltipla linear, pois essa espécie esteve ausente em apenas dois lagos, portanto, não foi possível relacionar sua ocorrência com qualquer uma das variáveis ambientais estudadas, já que ocorre praticamente em todos os lagos (95% dos lagos amostrados).

#### **Efeito das variáveis bióticas e abióticas na abundância das espécies de garças**

O primeiro modelo gerado para *Ardea alba* explicou 46% da variação na abundância ( $R^2 = 0.46$ ,  $P = 0.0003$ ,  $N = 43$ ). A variação explicada no modelo foi relacionada negativamente a transparência e positivamente a riqueza de habitat (Tabela 3). Indicando que essa espécie parece usar preferencialmente lagos com águas mais turvas e com maior riqueza de habitats ao longo das margens do lago.

A abundância da garça *Ardea cocoi* não foi significativamente influenciada por nenhuma das variáveis testadas, e o modelo gerado não foi significativamente diferente do modelo nulo (Tabela 3). Ou seja, nenhuma das variáveis parece ter influência na abundância desta espécie.

O modelo gerado para *Butorides striata* explicou 37 % da variação na abundância desta espécie ( $R^2 = 0.37$ ,  $P = 0.003$ ,  $N = 43$ ). Mas apenas uma das variáveis do modelo teve efeito significativo, a concentração de fósforo, que teve relação positiva com abundância (Tabela 3). O que mostra que essa espécie ocorre com maior frequência em lagos com maior concentração de fósforo, provavelmente, mais produtivos.

O modelo gerado para *Egretta thula* explicou 33 % da variação na abundância ( $R^2 = 0.33$ ,  $P = 0.008$ ,  $N = 44$ ). Mas apenas profundidade teve efeito significativo, relacionando-se negativamente com a abundância (Tabela 3). Indicando que essa espécie parece usar principalmente lagos mais rasos.

#### **Efeito das variáveis bióticas e abióticas na abundância total e riqueza das espécies de garças.**

A abundância total das sete espécies de garças não teve relação significativa com nenhuma das variáveis bióticas ou abióticas. Entretanto, para a riqueza de espécies o modelo gerado explicou 42 % da variação ( $R^2 = 0.4229$ ,  $F = 4.641$ ,  $P = 0.001$ ,  $N = 45$ ) e foi relacionado negativamente com profundidade ( $P = 0.025$ ) e riqueza de habitat ( $P = 0.008$ ), conforme observado na figura 2. Indicando que mais espécies de ardeídeos podem ser encontradas em lagos mais rasos e com menor diversidade de habitats.

#### **Efeito do grau de isolamento geográfico dos lagos na abundância das espécies de garças**

O segundo modelo testado para a abundância das espécies (abundância = Constante + forma do lago + distância da Margem + distância do lago mais próximo) não foi significativamente diferente do modelo nulo para nenhuma das espécies de garça. Entretanto, o modelo gerado para *Butorides striata* tendeu a significância (Tabela 4), indicando que o aumento na abundância dessa espécie em um dado lago é influenciado pela proximidade de outros lagos vizinhos.

### **Efeito do grau de isolamento geográfico dos lagos na abundância total e riqueza das espécies de garças**

As variáveis não tiveram influência na abundância total das espécies de garças. Entretanto, para a riqueza de espécies o modelo gerado explicou 19 % da variação ( $R^2 = 0.1937$ ,  $F = 3.283$ ,  $P = 0.030$ ,  $N = 45$ ) e apenas distância da margem contribuiu de modo significativo para o modelo ( $P = 0.011$ ) relacionando-se positivamente com a riqueza de espécies de garças (Figura 2). Portanto, quanto mais isolado o lago maior o número de espécies de garças e socós encontrados nele.

### **Efeito das variáveis bióticas e abióticas na ocorrência das espécies de garças**

O modelo de regressão logística múltipla gerado para ocorrência de *Ardea alba* não foi significativamente diferente do modelo nulo (Tabela 5). Portanto, nenhuma das variáveis utilizadas teve influência na ocorrência de *Ardea alba*.

O modelo testado para *Butorides striata* explicou 46 % da variação na ocorrência desta espécie (Nagelkerke's  $R^2 = 0.46$ ,  $p < 0.001$ ,  $N = 45$ ), sendo que apenas uma variável contribuiu significativamente para o modelo, concentração de fósforo (Tabela 5). Indicando que esta espécie tende a ocorrer em lagos mais produtivos.

O modelo gerado para presença ou ausência de *Egretta thula* explicou 44 % da variação na ocorrência desta espécie (Nagelkerke's  $R^2 = 0.44$ ,  $P = 0.005$ ,  $N = 45$ ), sendo que profundidade do lago e riqueza de habitat foram relacionadas negativamente com a ocorrência de *Egretta thula* (Tabela 5). Sugerindo que esta espécie tende a ocorrer em lagos mais rasos e com menor riqueza de habitat ao longo das margens.

O modelo de regressão logística múltipla gerado para ocorrência de *Tigrisoma lineatum* não foi significativamente diferente do modelo nulo (Nagelkerke's  $R^2 = 0.30$ ,  $P = 0.06$ ,  $N = 45$ ). Entretanto, o teste considerando o efeito independente das variáveis mostrou

que transparência tem um efeito significativo sobre a ocorrência desta espécie (Tabela 5). Sugerindo que *T. lineatum* tende a ocorrer em lagos de águas mais turvas.

### **Efeito das variáveis geográficas na ocorrência das espécies de garças**

Os modelos para a ocorrência de *Ardea alba*, *Ardea cocoi*, *Butorides striata* e *Egretta thula* não foram significativamente diferentes do modelo nulo (Tabela 6). Apenas uma das variáveis, forma do lago, foi significativamente relacionada à ocorrência de uma das espécies de garças, *Ardea alba*. Uma regressão logística simples indicou um relacionamento significativo negativo entre forma ( $P = 0.036$ ) e ocorrência de *Ardea alba* (Nagelkerke's  $R^2=0.237$ ,  $p=0.017$ ,  $N=45$ ). Sugerindo que esta espécie tende a ocorrer em lagos com formato mais circular.

## **DISCUSSÃO**

Embora em países do hemisfério norte tenham sido desenvolvidas várias pesquisas com foco em como as características do habitat afetam espécies individuais de aves aquáticas (Bancroft *et al.* 2002, Custer e Galli 2002, Crozier e Gawlick 2002, Gawlick e Crozier 2007, Master *et al.* 2005), esse tipo de pesquisa tem sido pouco explorado no Brasil (Moreno *et al.* 2004), e ainda não havia sido feito na Amazônia brasileira, onde as poucas pesquisas registradas com aves aquáticas, foram conduzidas exclusivamente em nível de comunidade, e relacionaram as mudanças do habitat com as mudanças na composição da comunidade (Cintra *et al.* 2007b). No presente estudo, exceto por *Agamia agami* e *Tigrisoma fasciatum* todas as espécies haviam sido registradas no arquipélago de Anavilhanas (Cintra *et al.* 2007a)

A distribuição de espécies dentro da família dos ardeídeos no presente estudo (Apêndice 1) é condizente com os resultados para outros tipos de sistema lacustres na

Amazônia, como no caso de Cintra *et al.* (2007a) para comunidades de aves em um sistema de águas misto (águas brancas e brancas decantadas) nas Reservas de Mamirauá e Amanã, onde das cinco espécies de garças registradas na comunidade, duas tiveram ampla distribuição nos lagos estudados e as outras três tiveram uma distribuição mais restrita. Esse tipo de distribuição também é condizente com a distribuição desse grupo de aves em outros sistemas influenciados pelo pulso de inundação, como por exemplo no Pantanal, onde Oliveira (2006) ao estudar o efeito de fatores bióticos e abióticos sobre a assembléia de aves piscívoras encontrou um padrão de abundância similar para as garças, onde duas espécies foram mais abundantes nos dois anos de amostragem, e três espécies tiveram um menor número de indivíduos.

Das espécies de garças que foram registradas durante o levantamento somente *Ardea alba* e *Ardea cocoi* ocorreram em mais de 70% dos lagos dentro do Arquipélago de Anavilhanas (Figura 2). A abundância de *A. cocoi* não se comportou como era esperado para espécies de ampla distribuição, pois não sofreu influência de nenhuma das variáveis testadas. Porém, a variação na abundância de *A. alba* se mostrou bem próximo do esperado, pois foi relacionada a dois fatores ambientais, transparência da água e riqueza de habitat, e a ocorrência de *A. alba* também foi influenciada por um aspecto físico, forma do lago. Esse resultado indica que nem todas as espécies com ampla distribuição em uma determinada área são mais influenciadas por fatores ambientais do que as espécies com distribuição mais restrita, o que talvez possa ser explicado outros fatores, como por exemplo, aspectos comportamentais.

No presente estudo a riqueza das espécies de garças foi influenciada por três das variáveis estudadas, sendo uma biótica (riqueza de habitat), outra abiótica (profundidade do lago), e a última variável foi relacionada a uma característica geográfica (distância da margem do canal principal). Como demonstrado em outros trabalhos, os ardeídeos tem preferência por

forragear em águas mais rasas nas margens dos lagos, e em geral a riqueza e abundância de espécies de aves aquáticas tende a aumentar em ambientes aquáticos mais rasos (Hattori e Mae 2001, Bancroft *et al.* 2002, Gawlick e Crozier 2007, Cintra *et al.* 2007b).

Esperava-se que a riqueza de espécies aumentasse com a riqueza de habitats (Remsen e Parker 1983), entretanto os resultados mostraram o inverso, isso pode ter ocorrido por que algumas características do tipo de habitat em particular, são determinantes para certas espécies de aves aquáticas (Mistry *et al.* 2008), no caso do presente estudo a maioria das espécies de garças foi freqüentemente avistada em manchas de capim ao longo das margens dos lagos

Durante a execução dos levantamentos de espécies de garças, foram avistadas duas espécies de aves raras na região. Uma delas *Tigrisoma fasciatum*, ainda não havia sido registrada na região norte do Brasil. Um dos últimos registros desta espécie no sul do país foi feito por Straube (1991) no estado do Paraná em um córrego de cerca de 5 metros de largura, a cerca de 550 m de altitude. *Tigrisoma fasciatum* é uma espécie considerada ameaçada no Brasil, sendo que nos últimos quinze anos em apenas seis localidades em todo o país houve registro desta espécie (Develey *et al.* 2006). Yamashita e Valle (1990) registraram a ocorrência desta espécie na Chapada dos Veadeiros (GO) e observaram que *T. fasciatum* ocorre em baixas densidades devido ao tipo de habitat pouco comum em que ocorre, corredeiras de altitude elevada. Embora a literatura indique que *T. fasciatum* tende a ocorrer em locais de altitude elevada, próximo a corredeiras e com relevo rochoso (Martinez-Vilalta e Motis 1992), o local onde foi avistado neste estudo foi as margens de um lago pouco profundo próximo a uma área de floresta de igapó. Apesar de ocorrido apenas um registro de *T. fasciatum* durante o levantamento de espécies, nessa mesma época foram observados dentro do Parque Nacional de Anavilhanas mais dois indivíduos, que ocorreram ao longo de pequenos canais, nos dois casos os indivíduos estavam próximos a margens de barrancos com

mata ripária e mostraram um comportamento arisco, afastando-se rapidamente com a presença do observador e caminhando para dentro da floresta (obs. pessoal).

Outra espécie pouco comum que foi registrada nos levantamentos de espécies de garças foi *Agamia agami*, embora exista um registro de ninhos desta espécie na região de Balbina, localizado no Rio Uatumã dentro do estado do Amazonas (Nascimento 1990), durante o presente estudo este foi o primeiro registro para esta espécie nos lagos de Anavilhanas.

Exceto por *Ardea cocoi* (garça-moura) todas as espécies de garças avaliadas pelos modelos de regressão tiveram sua ocorrência ou abundância influenciadas por pelo menos uma das variáveis estudadas. *Ardea cocoi* costuma ser uma espécie de hábitos solitários e de ampla distribuição que habita todo tipo de áreas alagadas (Martinez-Vilalta e Motis, 1992). Durante os levantamentos de espécies feitos no presente estudo, esta espécie ocorreu em quase todos os lagos do Parque Nacional de Anavilhanas. *Ardea cocoi* geralmente assume um caráter generalista no que se refere à alimentação (Martinez-Vilalta e Motis 1992), e provavelmente por isso essa espécie não foi influenciada por nenhuma das características ambientais estudadas.

Algumas das características físicas e químicas dos lagos são determinantes para a ocorrência e abundância das cinco espécies de garças que foram estudadas. A profundidade do lago influenciou a ocorrência e abundância de *Egretta thula*, que tende a ocorrer e ter maior abundância em lagos de menor profundidade. Isto confirma os resultados de Gawlick e Crozier (2007) para um experimento que visava testar a influência das características comportamentais e ambientais na seleção de habitat de forrageio por aves aquáticas no Everglades, onde lagos com águas mais rasas foram mais atraentes para as aves. Os resultados do presente estudo para *Egretta thula* também são condizentes com os de Moreno *et al.* (2004) para a seleção da profundidade da água durante o forrageio dessa espécie em uma



lagoa urbana do Estado do Rio de Janeiro, a qual constataram forragear em águas mais rasas que outras garças, o que provavelmente está ligado ao fato de *E. thula* capturar principalmente invertebrados ao invés de peixes, o que permite um uso diferencial dos recursos entre as duas espécies de garças (*E. thula* e *E. alba*) que foram estudadas.

A transparência da água parece ter influenciado a abundância de *Ardea alba*, que é mais abundante em lagos cuja água é menos transparente, e a ocorrência de *Tigrisoma lineatum*, que também tende a ocorrer em locais com água mais turva. A relação negativa entre a transparência da água e essas duas espécies de garça está em concordância com estudo desenvolvido por Newbrey *et al.* (2005), que ao avaliarem o efeito das características dos lagos sobre espécies de aves aquáticas piscívoras, encontraram que a presença de *Ardea herodias* foi influenciada negativamente pela transparência da água. Esses autores sugerem que uma possível explicação é o tipo e o local de forrageio desta espécie, que em 59% dos casos foi encontrada em margens cobertas por macrófitas de lagos com águas pouco transparentes, o que tende a aumentar o sucesso de forrageio. Similarmente, nos lagos de Anavilhanas *Ardea alba* foi observada muitas vezes em margens cobertas por gramíneas, e embora não se tenha feito esforços para quantificar a frequência de uso do habitat, as observações feitas em campo confirmam a maior frequência de ocorrência desta espécie nesse tipo de habitat, provavelmente porque sendo um ambiente com estrutura de vegetação mais simples torna-se mais fácil a captura das presas (Martinez-Vilalta e Motis 1992). Embora *Tigrisoma lineatum* tenha ocorrido em baixa densidade durante este estudo, e por isso não foi possível aplicar as regressões múltiplas para abundância, a ocorrência desta espécie também se mostrou suscetível às variações na transparência da água, conforme indicado pelo resultado da regressão logística.

Os níveis de fósforo e de nitrogênio, utilizados como indicadores de produtividade do sistema (Trevisan e Fosberg 2007), não tiveram influência na abundância de nenhuma das

espécies de garças estudadas. Entretanto, a concentração de fósforo teve influência positiva na ocorrência de *Butorides striata*, indicando assim que sistemas mais produtivos, e provavelmente com maior abundância de peixes e pequenos invertebrados, são mais atrativos para esta espécie, o que está de acordo com um estudo desenvolvido no Everglades por Crozier e Gawlick (2002) os quais averiguaram a resposta da comunidade aquática ao enriquecimento de nutrientes, e encontraram que a abundância de algumas espécies é mais sensível ao aumento da concentração de fósforo do que outras. Em contraste com Paszkowski e Tonn (2006) que ao analisarem as relações existentes entre os fatores ambientais e as guildas de aves aquáticas em lagos do Canadá, encontraram uma relação inversa entre a concentração total de fósforo e a riqueza da guilda que englobava o grupo dos ardeídeos.

Remsen e Parker (1983) mostraram que quanto maior a variedade de habitat marginal em corpos de água, maior a diversidade de passeriformes. Entretanto esse conceito parece não se estender às aves de maior porte e mais dependentes de ambientes aquáticos, em especial garças e socós. No presente estudo, a riqueza de habitat teve influência na abundância de apenas uma das espécies de garças, *Egretta thula*, que foi mais abundante em lagos que tinham menor riqueza de habitat. Muitos lagos possuíam extensas manchas de capim, onde essa espécie foi frequentemente avistada (obs. pessoal), indicando assim a maior frequência de ocorrência desta espécie por um determinado tipo de habitat.

Cintra *et al.* (2007b) mostraram que para comunidades de aves aquáticas em sistemas lacustres em que a forma dos lagos tem caráter muito heterogêneo, a riqueza e abundância de espécies tendem a ser menores em lagos de formato mais alongado, já que formatos mais alongados e estreitos permitem que as aves possam utilizar simultaneamente ambas as margens, ampliando sua área de território alimentar e expulsando outros do local, e assim, provavelmente, diminuindo o número de indivíduos por lagos. A maior parte dos lagos de Anavilhanas tem formato elíptico, e provavelmente por isso, forma do lago não se mostrou

um bom preditor para abundância e riqueza de garças neste estudo, entretanto, teve influência na ocorrência de uma espécie, *Ardea alba*, que tende a ocorrer em lagos com formato mais arredondados.

Nos sistemas de água preta da Amazônia a melhor época para se estudar as relações entre as espécies e as variáveis ambientais que influenciam a ocorrência e abundância delas em ambientes aquáticos é durante a seca e o início da enchente, pois nessa época aumenta a dissimilaridade entre os habitats aquáticos, já que ficam mais isolados quando o nível das águas diminui e, portanto ficam mais heterogêneos (Thomaz *et al.*, 2007). Este foi o primeiro estudo de ecologia de garças na Amazônia, e apesar de ter sido desenvolvido no início da enchente, aproveitando a época de maior heterogeneidade entre os lagos, todos os modelos testados para a abundância das espécies estudadas tiveram baixos coeficientes de determinação ( $R^2$  variando entre 0.08 e 0.46). Isso indica que embora algumas das variáveis testadas nos modelos tenham sido eficientes para captar efeitos gerais, outros fatores além dos que foram analisados são importantes para a ocorrência e abundância das espécies de garças do Parque Nacional de Anavilhanas.

A presença de espécies de garças que ocorrem em baixas densidades como *Agamia agami* e *Tigrisoma fasciatum*, especialistas em habitats que ficam as margens de florestas primárias e são altamente vulneráveis a mudanças na qualidade da água, desflorestamento e poluição (Develey *et al.*, 2006), mostram a importância do Parque Nacional de Anavilhanas para a conservação dessas espécies. Estudos comportamentais e de uso de habitat são necessários para entender melhor a distribuição e a abundância das espécies de garças e para mapear mais detalhadamente os locais de ocorrência das espécies raras.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alves, M.A.S.; Pereira, E.F. (1998) Richness, abundance and seasonality of bird species in a lagoon of an urban area (Lagoa Rodrigo de Freitas) of Rio de Janeiro, Brazil. *Ararajuba* 6: 110-116.
- Arrington, D.A. e Winemiller, K.O. (2006) Habitat affinity, the seasonal flood pulse, and community assembly in the littoral zone of a Neotropical floodplain river. *Journal of the North American Benthological Society* 25(1):126–141
- Bancroft, G.T.; Gawlik, D.E.; Rutchey, K. (2002) Distribution of wading birds relative to vegetation and water depths in the northern Everglades of Florida, USA. *Waterbirds* 25: 265-391.
- Branco, M.B.C. (2003) *Diversidade de avifauna aquática nas represas do médio e baixo Rio Tiête (SP) e nos sistemas de lagos do médio Rio Doce (MG) e sua relação com o estado trófico e a morfometria dos sistemas aquáticos*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, São Paulo. 165 pp.
- Cintra, R.; Sanaiotti, T.; Cohn-Haft, M. (2007a) Composition and spatial distribution of the Anavilhanas Archipelago bird community in the Brazilian Amazon. *Biodiversity and Conservation* 16: 313–336

- Cintra, R.; Santos, P.M.R.S.; Leite, C.B. (2007b) Composition and structure of the lacustrine bird communities of seasonally flooded wetlands of western Brazilian Amazonia at high water. *Waterbirds* 30(4): 521-540.
- Cintra, R. (2009) Ecological factors influencing aquatic bird community composition and distribution in black water lakes in central Brazilian Amazon. *Aquatic Sciences*. (no prelo)
- Clarck, R.G.; Hobson, K.A.; Nichols, J.D.; Bearhop, S. (2004) Avian dispersal and demography: scaling up to the landscape and beyond. *The Condor* 106:717-719.
- Cohn-Haft, M.; Naka, L.N.; Fernandes, A.M. (2008) Padrões de distribuição da avifauna da várzea dos rios Solimões e Amazonas. In: Conservação da várzea: identificação e caracterização de regiões biogeográficas. Luiza K. M. Albernaz (Org.). Pp.287-323. IBAMA/PróVárzea, Manaus.
- Crozier, G.E.; Gawlik, D.E. (2002) Avian response to nutrient enrichment in an oligotrophic wetland, the Florida Everglades. *The Condor* 104: 631-642.
- Custer, C.M.; Galli, J. (2002) Feeding habitat selection by Great Blue Herons and Great Egrets Nesting in East Central Minesota. *Waterbirds* 25(1): 115-124
- Develey, A.; Luca, A.D.; Olmos, F. (2006) Final Report Waterbirds in Brazil. 61p.

- Elton, C. (1927) *Animal ecology*. Sidgwick and Jackson, London, England
- Gawlick, D.E. (2002) The effects of prey availability on the numerical response of wading birds. *Ecological Monographs* 72(3): 329-346.
- Gawlick, D.E.; Crozier, G.E. (2007) A test of cues affecting habitat selection by wading birds. *The Auk* 124(3): 1075-1082.
- Grinnell, J. (1917) The niche-relations of the California Thrasher. *Auk* 34:427-433.
- Guadagnin, D.L.; Peter, A.S.; Perello, L.F.C.; Maltchik, L. (2005) Spatial and temporal patterns of waterbird assemblages in fragmented wetlands of southern Brazil. *Waterbirds* 28(3): 261-272.
- Guadagnin, D.L.; Maltchik, L.; Fonseca, C.R. (2009) Species–area relationship of Neotropical waterbird assemblages in remnant wetlands: looking at the mechanisms. *Diversity and Distributions* 15:319-327.
- Haig, S.M.; Mehlman, D.W.; Oring, L.W. (1998) Avian movements and wetland connectivity landscape conservation. *Conservation Biology* 12(4): 749-758.
- Hattori, A. e Mae, S. (2001) Habitat use and diversity of waterbirds in a coastal lagoon around Lake Biwa, Japan. *Ecological Research* 16: 543–553

- Hilty, J. e Merenlender, A. (2000) Faunal indicator taxa selection for monitoring ecosystem health. *Biological Conservation* 92: 185-197.
- Jones, J. (2001) Habitat selection in avian ecology: a critical review. *The Auk* 118(2): 557-562.
- Jonhson, K.G.; Allen, M.S.; Havens, K.E. (2007) A review of littoral vegetation, fisheries, and wildlife responses to hydrological variation at lake Okeechobee. *Wetlands* 27(1): 110-126
- Junk, W.J.(ed.). (1997). *The Central Amazon Floodplain, Ecology of a Pulsing System*. Springer-Verlag, Berlin.
- Leibold, M.A. (1995) The niche concept revisited: mechanistic models and community context. *Ecology* 76 (5):1371-1382.
- Latrubesse, E.M.;Stevaux, J.C.; Sinha, R. (2000) Tropical rivers. *Geomorphology* 70: 187-206.
- MacArthur, R.H.; Levins, R. (1967) The limiting similarity, convergence and divergence of coexisting species. *American Naturalist* 101:377-385
- MacArthur, R.H. e Wilson, E.O. (1967) *The theory of island biogeography*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.

- MacKenzie, D.I.; Royle, J.A. (2005) Designing occupancy studies: general advice and allocating survey effort. *Journal of Applied Ecology* 42:1105-114.
- Martínez-Vilalta, A.; Motis, (1992) Family Ardeidae. Pp. 376-429 in: Del Hoyo, J.; Elliott, A.; Sargatal, J. (eds). 1992. *Handbook of the Birds of the World.- Ostrich to Ducks*. Lynx edicions. Barcelona
- Master, T.L.; Leiser, J.K.; Benetti, K.A.; Bretsch, J.K.; Wolfe, H.J. (2005) Patch selection by snowy egrets. *Waterbirds* 28(2): 220-224.
- Mistry, J.; Berardi, A.; Simpson, M. (2008) Birds as indicators of wetland status and change in the North Rupununi, Guyana. *Biodiversity Conservation* 17:2383–2409.
- Moreno, A.B.; Lagos, A.R.; Alves, M.A.S. (2004) Water depth selections during foraging and efficiency in prey capture by the egrets *Casmerodius albus* and *Egretta thula* (Aves, Ardeidae) in an urban lagoon in Rio de Janeiro State, Brazil. *Iheringia, Série Zool., Porto Alegre* 95(1):107-109.
- Naka, L.N.; Cohn-Haft, M.; Whittaker, A.; Barnett, J.M.; Torres, M.F. (2007) Avian biogeography of Amazonian flooded forests in the Rio Branco Basin, Brazil. *The Wilson Journal of Ornithology* 119(3):439-449.
- Nascimento, J.L.X. (1990) Reprodução de *Agamia agami* na usina hidrelétrica de Balbina, Amazonas, Brasil. *Ararajuba* 1:79-83.



- Newbrey, J.L.; Bozek, M.A.; Niemuth, N.D. 2005. Effects of Lake Characteristics and Human Disturbance on the Presence of Piscivorous Birds in Northern Wisconsin, USA. *Waterbirds* 28(4):478-486
- Oliveira, D.M.M. (2006) *Efeitos bióticos e abióticos de ambientes alagáveis nas assembléias de aves aquáticas e piscívoras no Pantanal, Brasil*. Tese de doutorado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas. 198 pp.
- Paszkowski, C.A.; Tonn, W.M. (2000) Community concordance between the fish and aquatic birds of lakes in northern Alberta, Canada: the relative importance of environmental and biotic factors. *Freshwater Biology* 43: 421-437.
- Paszkowski, C.A.; Tonn, W.M. (2006) Foraging guilds of aquatic birds on productive boreal lakes: environmental relations and concordance patterns. *Hidrobiologia* 567:19-30.
- Patton, D. R. (1975) A diversity index for quantifying habitat edge. *Wildlife Society Bulletin* 3: 171-173
- Petermann, P. (1997) The Birds. In: The Central Amazon Floodplain, Ecology of a Pulsing System. Wolfgang J. Junk (ed.), Pp. 419-451. Springer-Verlag, Berlin.

R Development Core Team (2007) R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.

Remsen Jr., J.V.; Parker III, T.A. (1983) Contribution of river-created habitats to bird species richness in Amazonia. *Biotropica* 15: 223-231.

Robinson, S.K. (1997) Birds of a peruvian oxbow lake: populations, resources, predation, and social behavior. *Ornithological Monographs* 48: 613-639.

Ribeiro, M.N.G. (1976) Aspectos climatológicos de Manaus. *Acta amazônica* 6(2): 229-233.

Rodrigues, M.; Michelin, V.B. (2005) Riqueza e diversidade de aves aquáticas de uma lagoa natural do sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 22 (4): 928-935.

Rosenberg, G.H. (1990) Habitat specialization and foraging behavior by birds of Amazonian river islands in northeastern Peru. *The Condor* 92:427-443.

Schmidt, G.W. (1973) Primary Productivity of Phytoplankton in a Tropical Flood-Plain Lake of Central Amazônia, Lago do Castanho, Amazonas, Brasil. *Amazoniana* 4:379-404.

- Straube, F.C. (1991) Novos registros de duas aves raras no estado do Paraná:  
*Crypturellus noctivagus* (Tinamiformes: Tinamidae) e *Tigrisoma fasciatum*  
(Ciconiformes: Ardeidae) *Ararajuba* 2:93-94.
- Steinmetz, J.; Kohler, S.; Soluk, D. (2003) Birds are overlooked top predators in  
aquatic food webs. *Ecology* (84): 1324-1328.
- Thomaz, S.M.; Bini, L.M.; Bozelli, R.L. (2007) Floods increase similarity among  
aquatic habitats in river-floodplain systems. *Hidrobiologia* 579:1-13.
- Trevisan, G.V.; Fosberg, B.R. 2007. Relationships among nitrogen and total  
phosphorus, algal biomass and zooplankton density in the central  
Amazonia lakes. *Hydrologia* 586:357-365
- Valderrama, J. C. 1981. The simultaneous analysis of total nitrogen and total  
phosphorus in natural waters. *Marine Chemistry* 10: 109-122.
- Winemiller, K.O. (2005) Floodplain river food webs: generalizations and  
implications for fisheries management. Pages 285-312 in: R.L. Welcomme  
e T. Petr, eds., Proceedings of the Second International Symposium on the  
Management of Large Rivers for Fisheries Volume 2. Mekong River  
Commission, Phnom Penh, Cambodia.

Yamashita, C; Valle, M.P. (1990) Ocorrência de duas aves raras no Brasil Central:  
*Mergus octosetaceus* e *Tigrisoma fasciatum fasciatum*. *Ararajuba* 1:107-  
109.

Yeh, J. (2003) Birds, aquatic. *Water: Science and Issues*. FindArticles.com. 01  
Feb. 2008. Disponível em:  
< [http://findarticles.com/p/articles/mi\\_gx5224/is\\_2003/ai\\_n19143301](http://findarticles.com/p/articles/mi_gx5224/is_2003/ai_n19143301)>  
Acesso em: 11 dez.2007, 16:31:55.

Tabela 1 - Matriz de correlação de Pearson para as características dos 45 lagos do arquipélago de Anavilhanas, Amazônia Central, onde as garças foram registradas.

	Profundidade do lago (m)	Transparência da água (m)	Nitrogênio ( $\mu\text{mol l}^{-1}$ )	Fósforo ( $\mu\text{mol l}^{-1}$ )	Forma do lago	Riqueza de habitat	Distância da margem do rio (km)	Distância do lago mais próximo (km)
Profundidade do lago (m)	-							
Transparência da água (m)	0.337	-						
Nitrogênio ( $\mu\text{mol l}^{-1}$ )	-0.014	-0.114	-					
Fósforo ( $\mu\text{mol l}^{-1}$ )	-0.251	-0.104	0.355	-				
Forma do lago	0.164	-0.025	-0.280	-0.487*	-			
Riqueza de habitat	-0.309	-0.074	0.079	0.035	-0.338	-		
Distância da margem do rio (km)	-0.113	-0.353	-0.163	-0.034	-0.123	-0.142	-	
Distância do lago mais próximo (km)	0.232	0.286	-0.152	-0.211	0.245	-0.560*	-0.051	-

Tabela 2 - Média e desvio padrão das variáveis independentes registradas em 45 lagos no arquipélago de Anavilhanas, Amazônia Central.

	Média	Desvio Padrão
Profundidade do lago (m)	4.091	1.382
Transparência da água (m)	79.389	14.251
Nitrogênio ( $\mu\text{mol l}^{-1}$ )	0.28	0.102
Fósforo ( $\mu\text{mol l}^{-1}$ )	0.034	0.008
Forma do lago	1.842	0.449
Riqueza de habitat	0.578	0.341
Distância da margem (km)	4.849	2.903
Distância do lago próximo (km)	2.053	0.946

Tabela 3 - Resultados do primeiro modelo de regressão múltipla linear, referentes a espécies de garças e socós em lagos do Arquipélago de Anavilhanas, Amazônia Central. Entre parêntesis o valor do coeficiente, entre colchetes o valor do teste T, entre chaves o valor de VIF, e em negrito o valor de P.

Espécie		Profundidade	Transparência	Nitrogênio	Fosfóro	Riqueza de habitat
<i>Ardea alba</i>	N = 43	(-0.011)	(-0.018)	(-1.037)	(14.598)	(0.676)
	R <sup>2</sup> = 0.46	[-0.154]	[-3.269]	[-1.431]	[1.490]	[3.043]
		{1.51}	{1.27}	{1.18}	{1.21}	{1.18}
	<b>0.0003</b>	<b>0.878</b>	<b>0.002**</b>	<b>0.161</b>	<b>0.145</b>	<b>0.004 **</b>
<i>Ardea cocoi</i>	N = 44	(-0.015)	(-0.004)	(0.293)	(11.196)	(-0.171)
	R <sup>2</sup> = 0.14	[-0.321]	[-0.852]	[0.520]	[1.474]	[-1.042]
		{1.36}	{1.19}	{1.19}	{1.23}	{1.10}
	<b>0.3025</b>	<b>0.750</b>	<b>0.340</b>	<b>0.606</b>	<b>0.149</b>	<b>0.304</b>
<i>Butorides striata</i>	N = 43	(-0.061)	(-0.011)	(0.109)	(28.383)	(-0.259)
	R <sup>2</sup> = 0.37	[-1.019]	[-2.019]	[0.144]	[2.774]	[-1.142]
		{1.28}	{1.12}	{1.18}	{1.25}	{1.09}
	<b>0.003</b>	<b>0.315</b>	<b>0.051</b>	<b>0.886</b>	<b>0.009**</b>	<b>0.261</b>
<i>Egretta thula</i>	N = 44	(-0.146)	(-0.005)	(0.214)	(-9.772)	(-0.305)
	R <sup>2</sup> = 0.33	[-3.128]	[-1.417]	[0.405]	[-1.363]	[-1.855]
		{1.48}	{1.21}	{1.18}	{1.22}	{1.21}
	<b>0.008</b>	<b>0.003**</b>	<b>0.165</b>	<b>0.688</b>	<b>0.181</b>	<b>0.071</b>

Tabela 4 - Resultados do segundo modelo de regressão múltipla linear, referentes a espécies de garças e socós em lagos do Arquipélago de Anavilhanas, Amazônia Central. Entre parêntesis o valor do coeficiente, entre colchetes o valor do teste T, entre chaves o valor de VIF, e em negrito o valor de P.

Espécie		Distância da margem	Distância do lago mais próximo	Forma do lago
<i>Ardea alba</i>	N = 43	(0.033)	(-0.156)	(-0.187)
	R <sup>2</sup> = 0.15	[1.141]	[-1.693]	[-0.972]
		{1.02}	{1.07}	{1.08}
	<b>0.099</b>	<b>0.261</b>	<b>0.098</b>	<b>0.337</b>
<i>Ardea cocoi</i>	N = 44	(-0.017)	(-0.081)	(0.132)
	R <sup>2</sup> = 0.08	[-0.930]	[-1.385]	[1.070]
		{1.02}	{1.06}	{1.08}
	<b>0.335</b>	<b>0.358</b>	<b>0.174</b>	<b>0.291</b>
<i>Butorides striata</i>	N = 43	(0.058)	(-0.130)	(-0.091)
	R <sup>2</sup> = 0.17	[2.078]	[-1.458]	[-0.490]
		{1.02}	{1.08}	{1.10}
	<b>0.066</b>	<b>0.044*</b>	<b>0.153</b>	<b>0.627</b>
<i>Egretta thula</i>	N = 44	(0.042)	(-0.001)	(0.150)
	R <sup>2</sup> = 0.12	[2.190]	[-0.021]	[1.169]
		{1.02}	{1.06}	{1.08}
	<b>0.147</b>	<b>0.034*</b>	<b>0.983</b>	<b>0.249</b>



Tabela 5 - Resultados do primeiro modelo de regressão múltipla logística, referentes a espécies de garças e socós em lagos do Arquipélago de Anavilhanas, Amazônia Central. Entre parêntesis o valor do coeficiente, entre colchetes o valor do teste Z, e em negrito o valor de P, NRS=Nagelkerke R<sup>2</sup>

Espécie		Profundidade	Transparência	Nitrogênio	Fósforo	Riqueza de habitat
<i>Ardea Alba</i>	N = 45	(0.519)	(-0.046)	(-7.148)	(195.917)	(1.108)
	NRS = 0.21	[1.098]	[-1.044]	[-1.617]	[1.600]	[0.609]
	<b>0.419</b>	<b>0.272</b>	<b>0.296</b>	<b>0.106</b>	<b>0.110</b>	<b>0.543</b>
<i>Ardea cocoi</i>	N = 45	(4.685)	(-0.283)	(53.790)	(797.386)	(-20.569)
	NRS = 1	[0.08]	[-0.04]	[0.05]	[0.06]	[-0.14]
	<b>0.06</b>	<b>0.936</b>	<b>0.965</b>	<b>0.957</b>	<b>0.954</b>	<b>0.887</b>
<i>Butorides striata</i>	N = 45	(-0.278)	(-0.055)	(-2.716)	(209.260)	(-3.665)
	NRS = 0.46	[-0.780]	[-1.638]	[-0.676]	[2.297]	[-2.110]
	<b>0.002</b>	<b>0.436</b>	<b>0.101</b>	<b>0.499</b>	<b>0.022*</b>	<b>0.035*</b>
<i>Egretta thula</i>	N = 45	(-1.354)	(-0.019)	(3.581)	(-65.876)	(-4.403)
	NRS = 0.44	[-2.506]	[-0.578]	[0.923]	[-1.052]	[-2.040]
	<b>0.007</b>	<b>0.012*</b>	<b>0.564</b>	<b>0.356</b>	<b>0.293</b>	<b>0.041*</b>
<i>Tigrisoma lineatum</i>	N = 45	(-1.411)	(-0.172)	(-7.982)	(6.185)	(-3.001)
	NRS = 0.30	[-1.959]	[-2.044]	[-0.484]	[0.045]	[-1.140]
	<b>0.06</b>	<b>0.056</b>	<b>0.041*</b>	<b>0.628</b>	<b>0.964</b>	<b>0.254</b>

Tabela 6 - Resultados do segundo modelo de regressão múltipla logística, referentes a espécies de garças e socós em lagos do Arquipélago de Anavilhanas, Amazônia Central. Entre parêntesis o valor do coeficiente, entre colchetes o valor do teste Z, e em negrito o valor de P; NRS=Nagelkerke R<sup>2</sup>

Espécie		dMarg	Forma	dLagProx
<i>Ardea alba</i>	N = 45	(0.231)	(-3.148)	(0.253)
	NRS = 0.30	[1.202]	[-2.047]	[0.419]
	<b>0.06</b>	<b>0.230</b>	<b>0.041*</b>	<b>0.675</b>
<i>Ardea cocoi</i>	N = 45	(0.058)	(-0.908)	(4.955)
	NRS = 0.36	[0.185]	[-0.540]	[1.374]
	<b>0.15</b>	<b>0.853</b>	<b>0.590</b>	<b>0.169</b>
<i>Butorides striata</i>	N = 45	(0.343)	(-0.532)	(0.263)
	NRS = 0.25	[2.569]	[-0.649]	[0.670]
	<b>0.02</b>	<b>0.010*</b>	<b>0.516</b>	<b>0.503</b>
<i>Egretta thula</i>	N = 45	(0.255)	(0.242)	(0.486)
	NRS = 0.17	[1.953]	[0.292]	[1.268]
	<b>0.13</b>	<b>0.051</b>	<b>0.770</b>	<b>0.205</b>
<i>Tigrisoma lineatum</i>	N = 45	(0.229)	(0.148)	(-0.337)
	NRS = 0.1	[1.299]	[0.142]	[-0.579]
	<b>0.500</b>	<b>0.194</b>	<b>0.887</b>	<b>0.563</b>

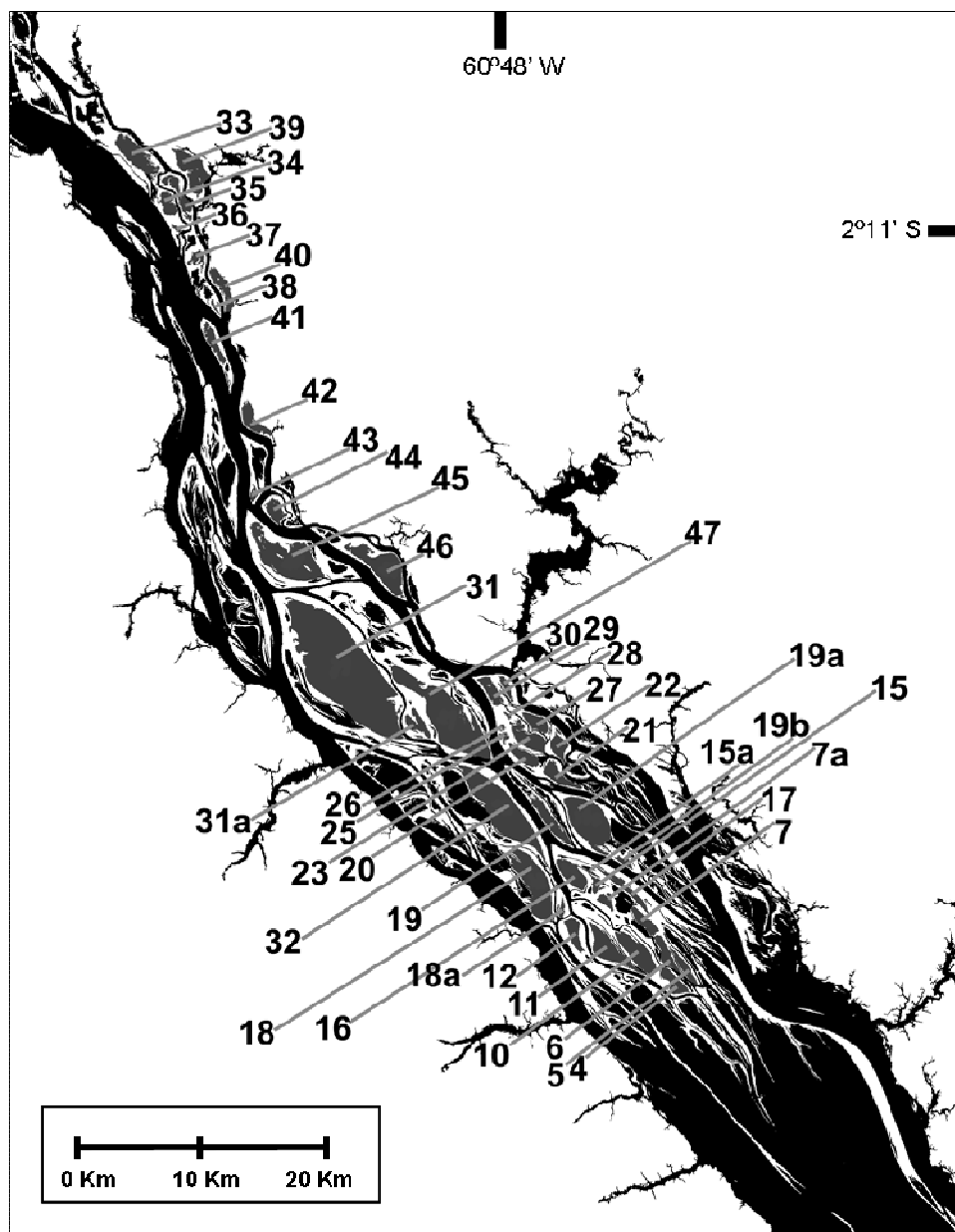
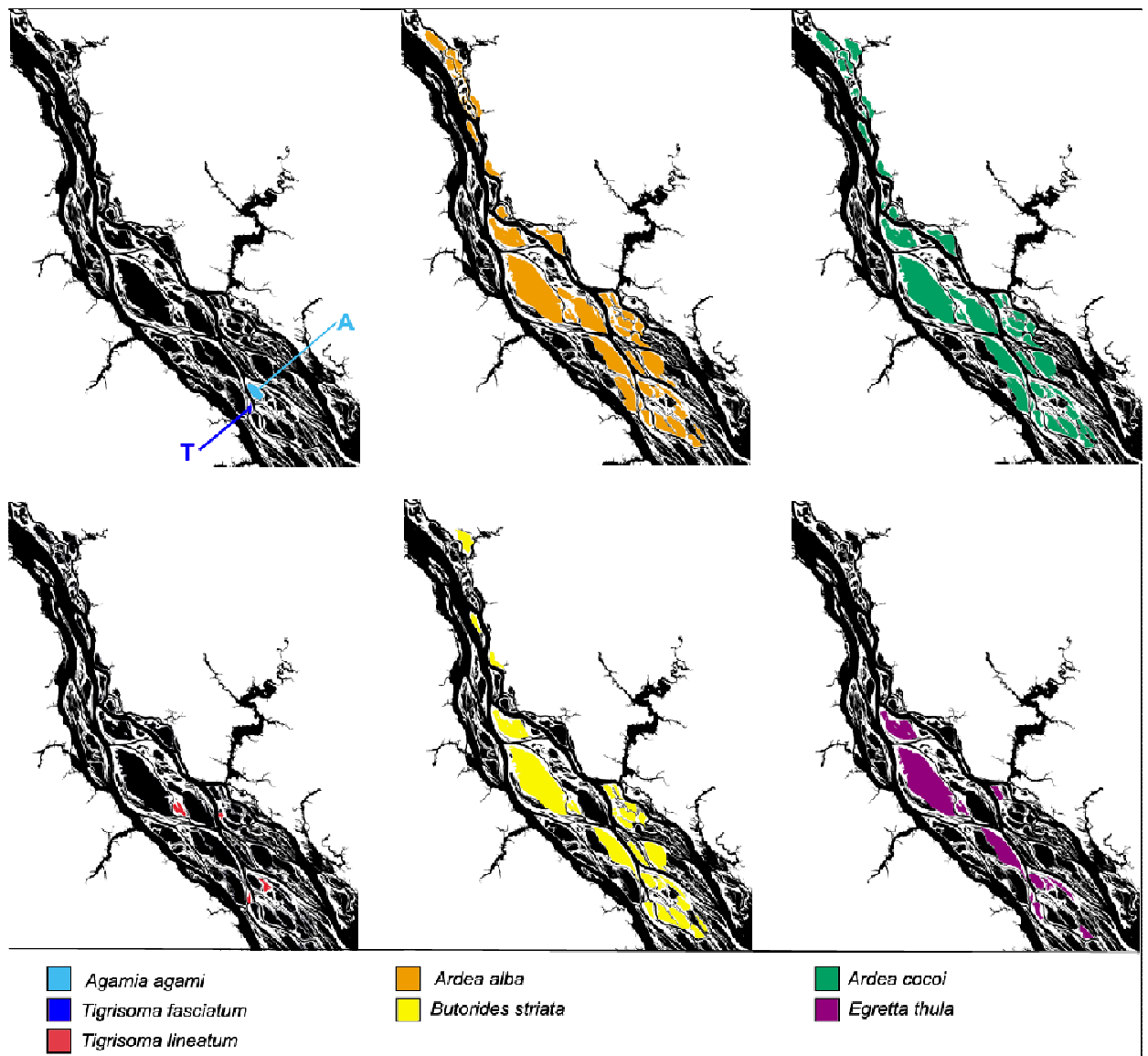
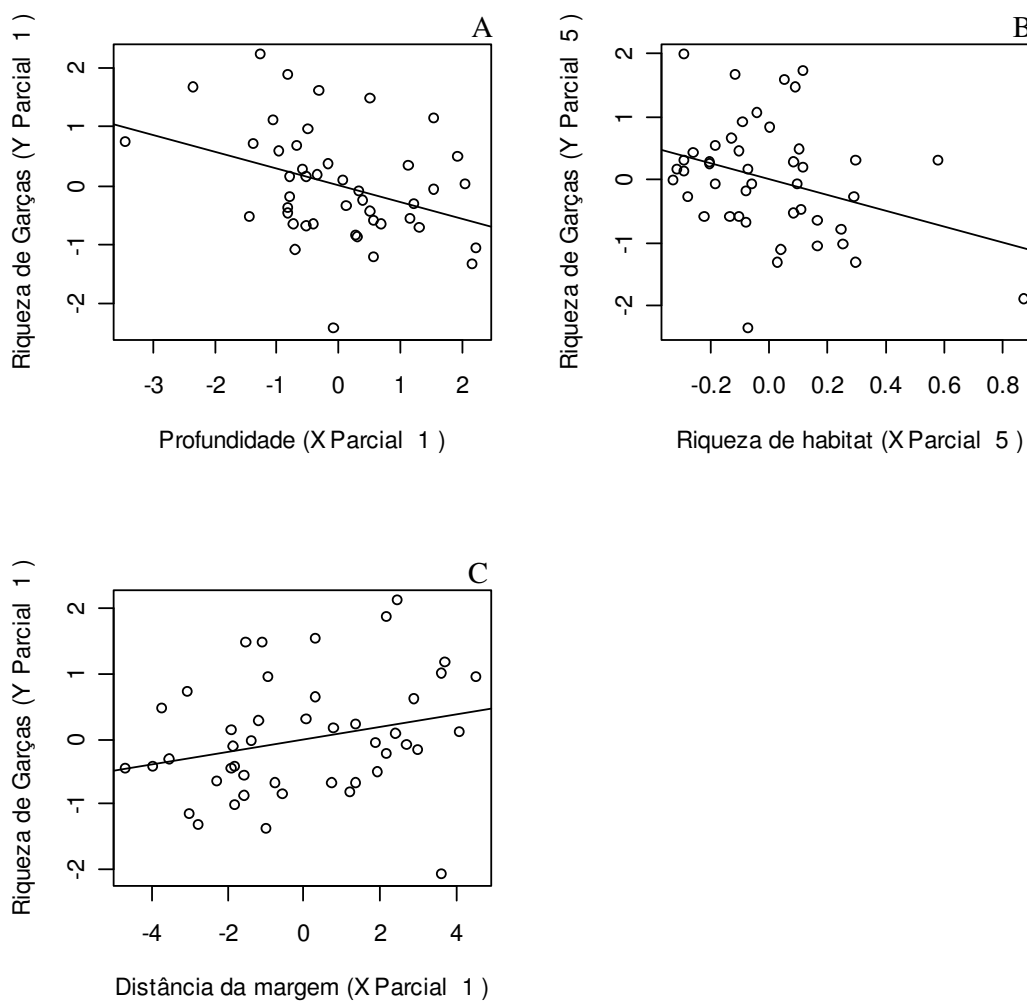


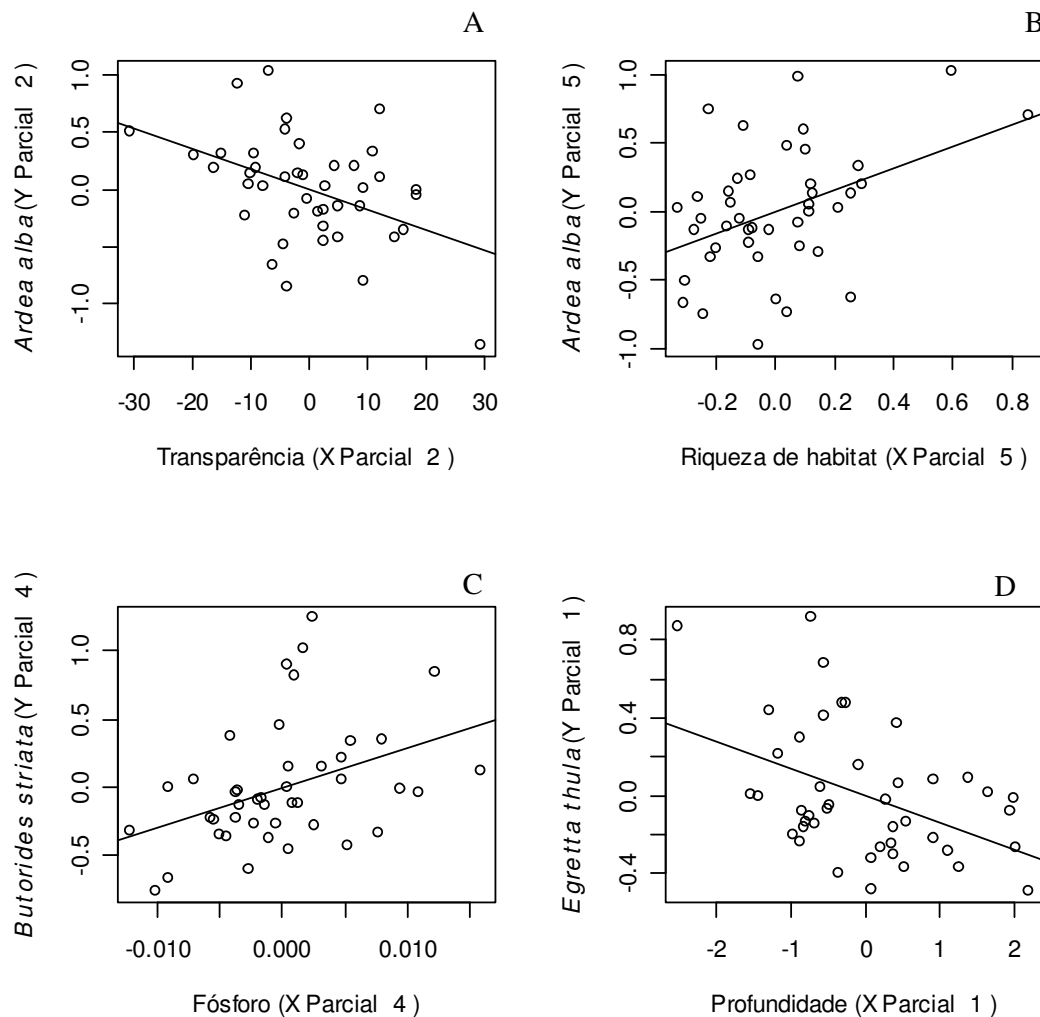
Figura 1 - Numeração dos lagos em que foram feitos os levantamentos de espécies de garças, representados em cinza. A parte branca representa as ilhas referentes ao Arquipélago de Anavilhanas, AM, e a terra firme; a parte escura o Rio Negro e seus tributários.



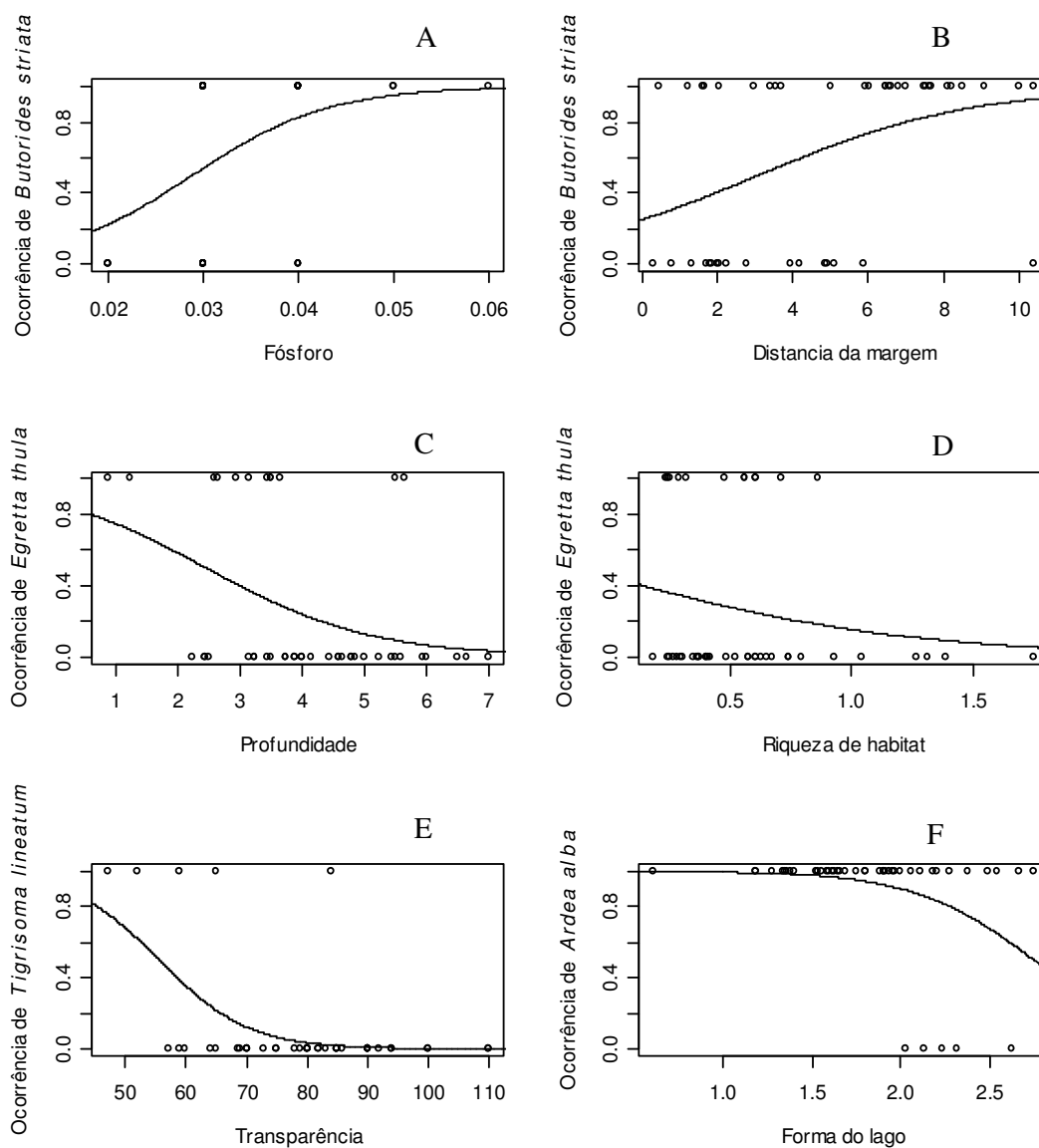
**Figura 2 – Mapas de distribuição das espécies de garças nos lagos do Arquipélago de Anavilhanas, AM.**



**Figura 3 – Parciais da regressão múltipla linear da variação na riqueza das espécies de garças, no Arquipélago de Anavilhanas, Amazônia Central, em relação às variáveis ambientais (profundidade do lago, riqueza de habitat, e distância da margem do rio), somente as que tiveram relação significativa ( $p < 0.05$ ). Alguns números nos eixos são negativos porque a regressão parcial representa o desvio dos resultados esperados se todas as outras variáveis independentes são mantidas nas médias observadas.**



**Figura 4 -** Parciais da regressão múltipla linear para a abundância das espécies de garças, no Arquipélago de Anavilhanas, Amazônia Central, em relação às variáveis ambientais (profundidade do lago, transparência da água, riqueza de habitats, e concentração de fósforo), são apresentadas somente as relações significativas ( $p < 0.05$ ), veja Tabela 3 para o resultado do modelo completo.



**Figura 5 – Curvas descritivas dos ajustes dos modelos das regressões logísticas simples entre a ocorrência de espécies de garças, no Arquipélago de Anavilhanas, Amazônia Central, e as variáveis ambientais que as influenciaram ( $p < 0.05$ ), os resultados correspondem aqueles das Tabelas 5 e 6.**

## APÊNDICES

Apêndice 1 - Lagos do Arquipélago de Anavilhanas, Amazônia Central, em que as espécies de garças e socós ocorreram.

Espécies	N.º de indivíduos	Lagos em que ocorreram	N de lagos	%
<i>Agamia agami</i>	1	16	1	0,02
<i>Ardea alba</i>	234	4, 5, 7, 10, 11, 12, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 40, 41, 42, 44, 45, 46, 47, 15A, 18A, 19A, 19B, 31A, 7A	40	0,89
<i>Ardea cocoi</i>	271	4, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 25, 26, 27, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 15A, 18A, 19A, 31A, 7A	43	0,96
<i>Butorides striata</i>	59	4, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 15, 16, 17, 19, 20, 22, 23, 25, 26, 27, 29, 30, 31, 32, 39, 41, 42, 45, 15A, 19A, 31A, 7A	28	0,62
<i>Egretta thula</i>	39	4, 12, 15, 16, 17, 29, 31, 32, 45, 15A, 18A, 31A	12	0,27
<i>Tigrisoma lineatum</i>	8	15, 25, 15A, 18A, 31A	5	0,11
<i>Tigrisoma fasciatum</i>	1	18A	1	0,02



Apêndice 2 – “Component residual plots” dos modelos de regressão múltipla linear.

