



Universidade Federal do Rio Grande - FURG
Instituto de Ciências Biológicas
Pós-graduação em Biologia de Ambientes
Aquáticos Continentais



**Ecologia alimentar do colhereiro (*Platalea ajaja*) e
da garça-branca-grande (*Ardea alba*) em ambiente
límpico e estuarino no sul do Brasil**

Vanessa Oliveira Britto

Orientador: Prof. Dr. Leandro Bugoni

Rio Grande
2013



Universidade Federal do Rio Grande - FURG
Instituto de Ciências Biológicas
Pós-graduação em Biologia de Ambientes
Aquáticos Continentais



Ecologia alimentar do colhereiro (*Platalea ajaja*) e da garça-branca-grande (*Ardea alba*) em ambiente límnico e estuarino no sul do Brasil.

Aluno: Vanessa Oliveira Britto

Orientador: Prof. Dr. Leandro Bugoni

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Biologia de Ambientes Aquáticos Continentais como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Biologia de Ambientes Aquáticos Continentais.

Rio Grande
2013

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Dr. Leandro Bugoni pelos desafios, ajuda e colaboração.

Aos colegas de laboratório no auxílio de campo e laboratório Fernanda Marques, Paloma Carvalho, Patrícia Mancini, Luciano Fischer, Augusto Costa, Leonardo Furlanetto, Cindy Barreto, Fernando Faria, Giovanni Maurício, Rayanne Brum, Guilherme Nunes, Dimas Gianuca, Cícero Faria, Suzana Martins, Felipe Neves e Adriano Miranda.

Não posso deixar de agradecer a ajuda e atenção na identificação taxonômica pelos colegas e professores: Fabiano Corrêa (IO-FURG), Dr^a Edélti Albertoni (ICB-FURG), Dr^a Sônia Hefler (IO-FURG), Marcio Freire (IO-FURG), Caroline Igansi (ICB-FURG), Dr^a Roberta Barutot (IO-FURG), Katiele Dummel (IO-FURG), Cristiane Bolico (IO-FURG), Bruna Sassi (IO-FURG) e Sônia Huckembeck (IO-FURG).

Ao Proprietário e gerente da Fazenda das Flores por disponibilizar o local das atividades de campo.

A Estação Ecológica do Taim (ESEC TAIM/ICMBio), em agradecimento a toda a equipe de funcionários pela colaboração para as atividades em campo.

Ao Sr. Rodolfo Silva e a equipe do Museu Oceanográfico da FURG pelos ensinamentos e doação de sondas para utilizarmos no método de lavagem estomacal.

Aos colegas que dividiram o espaço da sala de microscopia, Manuel, Daniela, William e Milena tornando-a mais agradável com as conversas e chimarrão.

Aos professores Dr. Manuel Haimovici e Dr. Paulo Cesar Abreu, por disponibilizarem seus laboratórios para identificação e fotografia dos otólitos.

Ao CEMAVE fornecendo as anilhas metálicas e autorização de captura e anilhamento e o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio autorizando a realização da pesquisa.

Agradeço principalmente a Deus, a minha família e aos meus amigos. Sem o apoio deles eu não teria conseguido chegar até aqui. Citar seus nomes se faz desnecessário, pois independente dos agradecimentos eles sempre estarão ao meu lado.

E por fim ao apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES) fornecedora da bolsa de mestrado.

Agradecer a todas as adversidades que tive ao longo desse mestrado, sem elas eu não teria saído do lugar.

Ao Dr. André de Mendonça Lima e Dr. Alexandre Miranda Garcia pela revisão do manuscrito e sugestões.

RESUMO

O presente trabalho investigou a dieta de *Platalea ajaja* (colhereiro) e *Ardea alba* (garça-branca-grande), em 2011/2012, em um ambiente límnico (banhado do Aguirre) e outro estuarino na Lagoa dos Patos (ilha dos Marinheiros), Rio Grande, RS, no sul do Brasil. Foram analisados regurgitados espontâneos, conteúdos gastrointestinais, pellets, lavagem estomacal e isótopos estáveis. Os itens alimentares mais importantes na caracterização direta da dieta de *P. ajaja* no estuário foram os insetos (PSIRI% = 47,2), seguido de crustáceos (PSIRI% = 30,4) e peixes (PSIRI% = 12,6). No ambiente límnico *P. ajaja* teve uma dieta com predomínio de insetos (PSIRI% = 59,9), seguido de peixes (PSIRI% = 19,8). No estuário a dieta de *A. alba* foi predominantemente piscívora (PSIRI% = 53,3), seguido em importância pelos crustáceos (PSIRI% = 30,8). Entretanto, no ambiente límnico *A. alba* teve os insetos como item alimentar principal (PSIRI% = 58,9), seguido de peixes (PSIRI% = 27,9). Sangue de filhotes com mais de três semanas de vida e presas/alimentos potenciais tiveram os isótopos estáveis de carbono ($\delta^{13}\text{C}$) e nitrogênio ($\delta^{15}\text{N}$) analisados. No ambiente límnico *A. alba* apresentou valores médios de $\delta^{15}\text{N}$ semelhantes a *P. ajaja* límnico, diferenciando-se de *A. alba* e *P. ajaja* estuarinos. Os valores médios de $\delta^{13}\text{C}$ nas duas espécies e locais foram semelhantes, porém menor em sangue de *A. alba* estuarina. O modelo linear generalizado (GLM) explicou 44% na variação dos dados de $\delta^{15}\text{N}$, diferindo entre os locais e influenciado pelo tamanho do filhote. O GLM com os valores de $\delta^{13}\text{C}$ explicou 22% da variação nos valores, indicando que *A. alba* alimenta os filhotes com outros itens alimentares dependendo do local, enquanto os filhotes de *P. ajaja* possuem uma alimentação límnica nos dois ambientes. Os modelos bayesianos de misturas de isótopos (SIAR) indicaram presas límnicas para *P. ajaja* nos dois ambientes, corroborando os resultados do GLM e dos métodos de estudo de dieta tradicionais. Portanto, *A. alba* utiliza as áreas próximas ao local de reprodução para se alimentar, não apresentando preferência por área de forrageamento estuarino ou límnico. Em ambiente límnico as duas espécies podem utilizar recursos alimentares semelhantes, enquanto no ambiente estuarino a sobreposição na dieta diminui, por alimentarem-se em diferentes locais e distintos itens alimentares. Através de diversas metodologias verificou-se que *P. ajaja* alimenta-se de presas límnicas, apesar de reproduzir-se em ambos os ambientes, enquanto *A. alba* alimenta-se de presas límnicas e estuarinas dependendo do local onde ocorre sua reprodução.

Palavras-chave: dieta, regurgitados, isótopos estáveis, modelos de mistura, aves aquáticas, Pelecaniformes.

ABSTRACT

This study investigated the diet of Roseate spoonbills (*Platalea ajaja*) and Great egrets (*Ardea alba*) in 2011/2012, in two colonies, one in a freshwater (Aguirre marsh) and another in the Lagoa dos Patos estuary (Marinheiros island), both in Rio Grande municipality, Rio Grande do Sul state, southern Brazil. Spontaneous regurgitations, gut contents, of dead chicks, pellets, stomach flushing and stable isotopes of chicks were analysed. The most important prey items for estuarine spoonbills were insects (PSIRI% = 47.2), crustaceans (PSIRI% = 30.4) and fish (PSIRI% = 12.6). In the freshwater colony, spoonbills had diet composed mostly by insects (PSIRI% = 59.9) and fish (PSIRI% = 19.8). In the estuary, egrets had a predominantly piscivorous diet (PSIRI% = 53.3), followed in importance by crustaceans (PSIRI% = 30.8). However, in the freshwater colony egrets had insects as the main food items (PSIRI% = 58.9), followed by fish (PSIRI% = 27.9). Blood of chicks over three weeks and tissues of potential food items had stable isotopes of carbon ($\delta^{13}\text{C}$) and nitrogen ($\delta^{15}\text{N}$) analysed. In the freshwater environment, egrets had mean $\delta^{15}\text{N}$ values similar to freshwater spoonbills, but different from egrets and spoonbills from the estuarine site. Mean values of $\delta^{13}\text{C}$ in both places and sites were similar, but higher in estuarine egrets. A generalized linear model (GLM) explained 44% in the variation in $\delta^{15}\text{N}$ values, differing between sampling sites and influenced by chick size. The GLM on $\delta^{13}\text{C}$ values explained only 22% in data variation, suggesting that egrets feed their chicks with different prey items, depending on the place where the colony is placed. On the other hand, spoonbills had limnetic feeding only, no matter the place where they are breeding. Bayesian stable isotope mixing models (SIAR) indicate that limnetic prey were important for spoonbill chicks in both colonies, in line with GLM analysis and dietary data using traditional methods. Therefore, egrets forage in areas near breeding places, without preferences for freshwater or estuarine habitats. In the freshwater colony egrets and spoonbills could rely on similar feeding resources, while in estuarine environments competition seems to be relaxed by feeding on different places and prey items. By using different methodologies it was possible infer that spoonbills feed on freshwater food items, no matter where they breed, while egrets use both limnetic and estuarine food items, depending where the colony is placed.

Key-words: diet, pellet, stable isotopes, mixing model, waterbird, Pelecaniformes.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	7
LISTA DE TABELAS	10
INTRODUÇÃO GERAL	12
Manuscrito.....	30
Resumo.....	31
Introdução.....	32
Métodos	35
Resultados	43
Discussão.....	47
Agradecimentos.....	53
Referências	54

LISTA DE FIGURAS

Introdução Geral

Figura 1. Colônia localizada em ambiente límnico no banhado do Aguirre, Taim, sul do Brasil. Adulto, ovos e filhote de *Ardea alba* (garça-branca-grande) no ninho no período reprodutiva de 2011 e 2012.....14

Figura 2. Colônia localizada na Lagoa dos Patos, ambiente estuarino na ilha dos Marinheiros, sul do Brasil. Adultos, ovos e filhotes de *Platalea ajaja* (colhereiro) no período reprodutivo de 2011/2012.....16

Figura 3. Mapa das áreas de estudo no sul do Brasil, indicado pela seta, ao lado área de estudo na região sul, abaixo local de coleta no ambiente estuarino na Lagoa dos Patos no ponto “A” (ilha dos Marinheiros) que se localiza a ~56 km do ambiente límnico encontrado no ponto “B” (banhado do Aguirre), localizado junto ao banhado do Taim próximo a lagoa das Flores, Nicola, Mirim e Caiubá.....23

Manuscrito

Figura 1. Mapa das áreas de estudo no sul do Brasil, indicado pela seta, ao lado área de estudo na região sul, abaixo local de coleta no ambiente estuarino na Lagoa dos Patos no ponto “A” (ilha dos Marinheiros) que se localiza a ~56 km do ambiente límnico encontrado no ponto “B” (banhado do Aguirre), localizado junto ao banhado do Taim próximo a lagoa das Flores, Nicola, Mirim e Caiubá.....77

Figura 2. Composição da dieta de filhotes de garça-branca-grande (*Ardea alba*), acima em ambientes estuarino (ilha dos Marinheiros), e abaixo límnico (banhado do Aguirre). FO% - Frequência de ocorrência; M% - contribuição em massa reconstituída; PSIRI% - Índice de importância relativa presa-específica.....78

Figura 3. Composição da dieta de filhotes de colhereiros (*Platalea ajaja*), acima em ambientes estuarino (ilha dos Marinheiros), e abaixo límnico (banhado do Aguirre,).

FO% - Frequência de ocorrência; M% - contribuição em massa reconstituída; PSIRI% - Índice de importância relativa presa-específica.79

Figura 4. Valores de isótopos estáveis de carbono ($\delta^{13}\text{C}$, acima) e nitrogênio ($\delta^{15}\text{N}$, abaixo), médias (barras centrais no gráfico), acompanhado do desvio padrão (retângulos), dos valores mínimos e máximos (linhas externas), de colhereiros (*Platalea ajaja*) e garças-branca-grande (*Ardea alba*) límnicos e estuarinos, amostrados no sul do Brasil em período reprodutivo entre setembro de 2011 e dezembro de 2012. Letras diferentes indicam diferenças significativas nos valores.....80

Figura 5. Distribuição dos valores individuais de isótopos estáveis de nitrogênio ($\delta^{15}\text{N}$) e carbono ($\delta^{13}\text{C}$) no sangue total de colhereiros (*Platalea ajaja*) amostrados em colônia localizada em ambientes límnicos, próximo à ESEC do Taim (Grupo 1), e estuarinos, ilha dos Marinheiros, Lagoa dos Patos (Grupo 2), sul do Brasil. Os valores das presas ou alimentos potenciais utilizados nos modelos de mistura bayesianos – SIAR (símbolos sólidos) são acompanhados do desvio padrão.....81

Figura 6. Contribuição das diferentes fontes potenciais de alimento para os valores isotópicos do sangue total de colhereiros (*Platalea ajaja*) em ambiente límnico (1) e estuarino (2), obtido através do modelo de mistura isotópico bayesiano (SIAR), mostrando os intervalos de credibilidade de 95% (cinza escuro), 75% (cinza médio) e 25% (cinza claro).....82

Figura 7. Distribuição dos valores individuais de isótopos estáveis de nitrogênio ($\delta^{15}\text{N}$) e carbono ($\delta^{13}\text{C}$) no sangue total de garça-branca-grande (*Ardea alba*) amostrados em colônia localizada em ambientes límnicos, próximo à ESEC do Taim (Grupo 1), e estuarinos, ilha dos Marinheiros, Lagoa dos Patos (Grupo 2), sul do Brasil. São mostrados os valores das presas ou alimentos potenciais utilizados nos modelos de mistura bayesianos – SIAR (símbolos sólidos), acompanhados do desvio padrão.....83

Figura 8. Contribuição das diferentes fontes potenciais de alimento para os valores isotópicos do sangue total de garça-branca-grande (*Ardea alba*) em ambiente límnico

(acima) e estuarino (abaixo), obtido através do modelo de mistura isotópico bayesiano (SIAR), mostrando os intervalos de credibilidade de 95% (cinza escuro), 75% (cinza médio) e 25% (cinza claro).....84

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição da dieta de filhotes de garça-branca-grande (*Ardea alba*) e colhereiro (*Platalea ajaja*) em ambientes estuarino (estuário da Lagoa dos Patos - ilha dos Marinheiros) e límnic (banhado do Aguirre, Taim), no sul do Brasil, na primavera/verão de 2011/2012. FO% - Frequência de ocorrência; N% contribuição em número; PN% - contribuição em número presa-específica; M% - contribuição em massa reconstituída; PM% - contribuição em massa reconstituída presa-específica; PSIRI% – Índice de importância relativa presa-específica. As amostras obtidas através de diferentes métodos foram agrupadas para a realização dos cálculos. Os valores com contribuição superior a 5% são destacados, exceto os valores de contribuição presa-específicos (PN% e PM%). – Item não presente.....62

Tabela 2. Valores médios de $\delta^{15}\text{N}$, $\delta^{13}\text{C}$ e DP (desvio padrão) no sangue das aves estudadas e suas potenciais fontes alimentares, empregadas como fontes potenciais nos modelos de mistura bayesianos (SIAR). Método de coleta, tecido analisado, local de coleta, tamanho amostral (N) e fonte dos dados. Coletadas no período entre setembro de 2011 a março de 2012.....68

Tabela 3. Similaridade na composição da dieta dos filhotes de garça-branca-grande (*Ardea alba*) e colhereiro (*Platalea ajaja*) em ambiente estuarino (Lagoa dos Patos) e límnic (banhado do Aguirre - Taim) no sul do Brasil, baseada no número de presas e calculada através do índice de sobreposição de Morisita-Horn. Valores $>0,6$ são apresentados em.....72

Tabela 4. Coeficientes do Modelo Linear Generalizado (GLM) selecionado. O intercepto representa os valores de $\delta^{15}\text{N}$ ou $\delta^{13}\text{C}$ para a espécie “*Ardea alba*” e local “Estuário”, em relação aos quais os outros níveis são comparados. Por exemplo, a estimativa da espécie *P. ajaja* foi de $e^{-1,764}$, indicando assim que os valores de $\delta^{15}\text{N}$ são 176,4% (significativamente) menores que a espécie definida para comparação, i.e. *A. alba*; ou então o valor de “Taim” ($e^{1,026}$) indica um aumento não significativo de 102,6% em comparação com “Estuário”. gl - graus de liberdade dos resíduos de cada modelo.....73

Tabela 5. Resumo dos resultados da ANOVA dos valores de $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$ no Modelo Linear Generalizado (GLM). % explicado é calculado como a deviação/resíduo da deviação do modelo nulo*100, como demonstrado por Ye et al. (2001). gl - graus de liberdade.....74

INTRODUÇÃO GERAL

Aves aquáticas e reprodução

A fauna de aves do Rio Grande do Sul (RS) é bastante rica se comparada com a avifauna brasileira, com 661 espécies (36,1%) das 1832 espécies de aves listadas no país (Bencke *et al.* 2010). Esse percentual pode ser avaliado melhor quando se considera que o RS corresponde a apenas 3,3% do território nacional e situa-se na fronteira meridional do país, em pleno subtropical (Bencke *et al.* 2010). No entanto, pouco se sabe sobre a reprodução e a alimentação da maioria das espécies, principalmente das aves aquáticas pernaltas, como *Platalea ajaja* (colhereiro) e *Ardea alba* (garça-branca-grande). As espécies da ordem Pelecaniformes (garças, socós, colhereiros e afins) estão fortemente associadas a ambientes aquáticos rasos, continentais ou costeiros, dos quais dependem para sua alimentação e reprodução (Frederick 2002). Muitas destas aves aquáticas nidificam em grupos denominados colônias, podendo incluir apenas alguns ninhos, ou milhares. As aves aquáticas nidificam em áreas úmidas, geralmente em alguma porção de terra protegida dos predadores e de outras perturbações. Estes locais podem ser ilhas em um lago ou no mar, uma “ilha” de árvores dentro de áreas úmidas, ou árvores em manguezais. Estas “ilhas” oferecem proteção contra predadores terrestres (Kushlan e Hancock 2005).

As colônias de aves aquáticas podem ser mistas ou monoespecíficas, e as melhores áreas do ninhal são ocupadas pelas espécies consideradas mais fortes numa disposição hierárquica (Sick 1997). As colônias localizam-se em áreas onde as aves adultas podem obter energia a partir do ecossistema circundante, para manter-se e alimentar os filhotes (Brzorad *et al.* 2004). Em colônias de espécies mistas muitas vezes *A. alba* é a primeira espécie a chegar, e sua presença pode induzir a nidificação ou atrair outras espécies (McCrimmon *et al.* 2001). Numa colônia de Pelecaniformes estudada por Gianuca (2010) no estuário da laguna Lagoa dos Patos foram identificadas oito espécies, constituindo-se no maior sítio reprodutivo de *P. ajaja* no Brasil, e na maior colônia de Pelecaniformes já registrada no sul do país. Miño e del Lama (2007) estudaram a estrutura gênica de *P. ajaja* em quatro colônias no Pantanal e em uma colônia no Rio Grande do Sul, no banhado do Aguirre, Taim, indicando a existência de diferença genética entre as aves do Pantanal e Sul do Rio Grande do Sul. Estudo com anilhamento de *P. ajaja* foi feito no Rio Grande do Sul, em Viamão e Palmares do Sul, entre 1980 e 1985 avaliando a dispersão dessa espécie

(Silva e Fallavena 1995). Outras colônias no Rio Grande do Sul também foram estudadas. Em Triunfo, Lindolfo Collor e Porto Alegre, foram registradas *Nycticorax nycticorax*, *Bubulcus ibis*, *A. alba* e *Egretta thula*, totalizando 553 ninhos em Triunfo, 563 em Lindolfo Collor e 287 em Porto Alegre, durante o período reprodutivo de 2008/2009 (Scherer 2010). Também em Triunfo foi registrada uma colônia composta pelas garças *B. ibis*, *E. thula*, *N. nycticorax*, além dos maçaricões *Phimosus infuscatus* e *Plegadis chihi* estudada durante dois períodos reprodutivos consecutivos (1998/1999 e 1999/2000) (Petry e Fonseca 2005). Em área urbana de Porto Alegre, Parque Mascarenhas de Moraes, foi registrado um ninhal misto. Das aves que nidificam no Parque, a família Ardeidae (garças e socós) representou 41,7% das espécies nidificantes (Scherer *et al.* 2006).

As aves adultas podem movimentar-se a distâncias consideravelmente longas para obter alimentos para a prole. Aves predadoras em áreas úmidas dependem destes locais para concluírem com sucesso a reprodução e frequentemente deslocam-se a grandes distâncias para forrageamento, utilizando áreas dentro de uma distância de pelo menos 10 km dos ninhos (Kelly *et al.* 2008). No ninhal é possível observar todas as fases do processo reprodutivo, desde casais em corte pré-nupcial até pares com filhotes já crescidos (Araújo e Nishida 2007). Dados obtidos por Maccarone *et al.* (2010) em uma colônia de *A. alba* nos Estados Unidos, demonstram baixo gasto energético das aves no período de incubação, aumentando no período de alimentação dos filhotes. O comportamento alimentar e o uso do habitat são fatores importantes na distribuição, riqueza e abundância das aves em zonas úmidas (Weller 1999).

Espécies deste estudo

A garça-branca-grande está distribuída na maior parte das Américas do Norte, Central e do Sul, leste da Europa, África e norte da Ásia, exceto desertos (Kushlan e Hancock 2005). Utiliza vários habitats úmidos para sua alimentação incluindo marismas, pântanos, brejos, córregos, margens de rios, lagoas, margens de lagos, campos inundados, salinas e campos agrícolas inundados (McCrimmon *et al.* 2001, Kushlan e Hancock 2005). Por alimentar-se em campos agrícolas e locais de tratamento de esgoto, aumenta o risco de exposição das garças a pesticidas, metais e outros tipos de poluentes (McCrimmon *et al.* 2001).

Constroem ninhos principalmente de vegetação lenhosa, arbustos e árvores, muitas vezes nos pontos mais altos das colônias (McCrimmon *et al.* 2001). Quando

perturbados os jovens regurgitam e defecam (McCrimmon *et al.* 2001). O ninho de *A. alba* tem de 80 a 120 cm de largura, 20 cm de altura e é construído de gravetos e forrado com material mais fino (Kushlan e Hancock 2005). Os ninhegos são cobertos por plumas brancas, o bico ao nascer é cinza com a ponta preta variando de amarelo-acinzentado até tornar-se amarelo com o crescimento do filhote. Pernas são rosa tornando-se cinza, a pele é amarelada tornando-se verde (Fig. 1). Provavelmente começam a reproduzir no segundo ano de vida (Kushlan e Hancock 2005). Foi registrada mortalidade de 76% no primeiro ano de vida enquanto a mortalidade em adultos foi de 26% e longevidade de 22 anos (Kushlan e Hancock 2005). O período de postura é de quatro semanas e em média a incubação dos ovos dura 23,8 dias, com mortalidade maior de filhotes durante as duas primeiras semanas após a eclosão (Pretelli *et al.* 2012).



Figura 1. Colônia localizada em ambiente límnico no banhado do Aguirre, Taim, sul do Brasil. Adulto, ovos e filhote de *Ardea alba* (garça-branca-grande) no ninho no período reprodutiva de 2011 e 2012 (Carvalho,P. e Barreto,C.).

As garças capturam suas presas visualmente com golpes, que são um ataque rápido para baixo ou com movimentos laterais (Kushlan e Hancock 2005, Beltzer e Quiroga 2007). As garças têm uma dieta ampla, mas em geral alimentam-se de peixes, anfíbios, répteis e por vezes aves e mamíferos (Weller 1999), porém os organismos mais importantes são os peixes, crustáceos (Post 2008) e insetos (Beltzer e Oliveros 1981, Figueroa e Stappung 2003, Beltzer *et al.* 2005, Kushlan e Hancock 2005, Pretelli *et al.* 2012). *Ardea alba* possui preferência de habitats para alimentação, utilizando predominantemente áreas estuarinas entremarés e no infralitoral, apresentando um comportamento oportunista e respondendo à disponibilidade local de alimento (Post 2008). Estudo feito na Carolina do Norte, Estados Unidos, revelou que *A. alba* seleciona seu habitat de alimentação dependendo do nível da maré, percorrendo na maré baixa 2,8 km, e na maré alta 4,3 km. Desloca-se de 0 a 2 km ou até distâncias mais longas que 27,8 km da colônia (Custer e Osborn 1978). Segundo Brzorad *et al.* (2004) 66% da variação no gasto de energia por parte da *A. alba* foi atribuída a quatro variáveis comportamentais e ambientais: giros obtusos, passos, ataque às presas e período do dia.

A dieta de *A. alba* pode ser influenciada pela variabilidade de presas ao longo de sua distribuição geográfica. Utilizando pellets e restos de presas Figueroa e Stappung (2003) observaram que os itens mais representativos na dieta foram insetos e crustáceos. Beltzer e Oliveros (1981) ao analisar 12 estômagos de *A. alba* adultos, na Argentina, observaram seleção de presas com tamanho maior de 20 mm, sendo a presa predominante peixes e preferência pela família Curimatidae. Beltzer *et al.* (2005) realizaram estudo com 25 estômagos e comprovaram a ocorrência de presas com tamanho entre 5 e 130 mm, com predominância de presas de 20 mm. Houve, no entanto, uma preferência de *A. alba* por ambientes abertos, sem um padrão definido de horas do dia para captura das presas (Beltzer *et al.* 2005).

Em relação à sobreposição de nicho trófico, foi observado que *A. alba*, em comparação com *E. thula*, possui 20% de sobreposição e estreita relação no que se refere ao uso de habitat (Beltzer *et al.* 2005). Em comparação com *N. nycticorax* houve 15% de sobreposição e com *Butorides striata* 2% de sobreposição, evidenciando um mecanismo de isolamento mais pronunciado entre as espécies *A. alba* e *B. striata* (Beltzer *et al.* 2005).

Platalea ajaja é uma das seis espécies de colhereiros existentes (Dumas 2000) (Fig. 2). Tem distribuição nas Américas do Norte e Central, no oeste do Caribe

e na América do Sul (Dumas 2000). Os membros dessa espécie, especialmente os imaturos, ocasionalmente dispersam a grandes distâncias, mas os padrões sazonais de movimentação são pouco conhecidos (Dumas 2000). Em um estudo de dispersão realizado no Rio Grande do Sul, entre 1980 e 1985, anilharam-se 1226 ninhegos de colhereiros anilhados em Capivari, Viamão, Lagoa dos Gateados e Palmares do Sul (Silva e Fallavena 1995). Indivíduos anilhados foram encontrados no Rio Grande do Sul, Santa Catarina e as que atingiram a maior distância, em Minas Gerais, São Paulo e Rio de Janeiro. Houve um comportamento dos jovens ao abandonarem o ninho de deslocarem-se ao acaso e com um ano de idade a maior distância do ninho entre 1042 e 1147 km, entretanto os filhotes com mais de um ano de idade encontraram-se próximo à colônia onde nasceram, indicando uma provável tendência à filopatria (Silva e Fallavena 1995). Entretanto, Dumas (2000) parece desconhecer este estudo e informa que nada se sabe sobre a filopatria de *P. ajaja*.



Figura 2. Colônia localizada na Lagoa dos Patos, ambiente estuarino na ilha dos Marinheiros, sul do Brasil. Adultos, ovos e filhotes de *Platalea ajaja* (colhereiro) no período reprodutivo de 2011/2012 (Faria, F.).

Alimentam-se em águas rasas com variação de salinidade, desde áreas hipersalinas, marinhas, salobras e habitats de água doce, incluindo baías costeiras, estuários, lagoas, pântanos, prados úmidos, brejos e também marismas, nas planícies da América do Sul (Dumas 2000). Com o bico na água tateia enquanto caminha, balançando a cabeça com o bico ligeiramente aberto, de um lado para outro, em movimentos semicirculares e fechando-o quando entra em contato com a presa, principalmente peixes, crustáceos e invertebrados aquáticos (Dumas 2000, Teixeira e Nacinovic 2003). Colhereiros alimentam-se de pequenos crustáceos, insetos, moluscos, além de peixes e anfíbios (Weller 1999). Segundo Swennen e Yu (2005) as presas do colhereiro *Platalea minor* têm comprimento entre 2 cm e 21 cm, sendo composta de peixes e crustáceos. A subespécie endêmica da Eurásia *Platalea leucorodia balsaci* alimenta-se exclusivamente de camarão e pequenos peixes, segundo estudo com análise de fezes de adultos e filhotes (Veen *et al.* 2012). Teixeira e Nacinovic (2003), em análise de conteúdo estomacal de 20 *P. ajaja* adultos observaram peixes e insetos aquáticos dentre os 14 itens alimentares encontrados. Pequenos peixes e crustáceos, especialmente camarões (*Palaemonetes*, *Penaeus*), besouros aquáticos e outros insetos, moluscos e também algum material vegetal, incluindo fibras e raízes de ciperáceas, compõem a dieta de *P. ajaja* (Matheu e del Hoyo 1992). Pequenos crustáceos têm papel importante na dieta de colhereiros, sendo responsáveis pela intensa pigmentação vermelha que esta ave apresenta (Sick 1997).

Na Flórida, Estados Unidos, o local de alimentação de *P. ajaja* depende do fluxo de água doce nas áreas estuarinas e na composição das espécies de presas (Lorenz *et al.* 2009). Estudo feito por Gimenes e Anjos (2011) com Ciconiiformes (atualmente Pelecaniformes) no alto Rio Paraná, avaliou a abundância das espécies em quatro locais de forrageamento (rios, canais, conexões (permanentemente ligado a rios e canais) e desconexões (não conectado a rios e canais exceto durante a enchente) de lagos), e mostrou que *P. ajaja* é mais abundante nas conexões de lagoas, enquanto *A. alba* não demonstrou preferência clara por habitats particulares.

Alimentação de aves aquáticas e métodos de estudo

As aves são componentes importantes na dinâmica dos ecossistemas aquáticos continentais, devido a sua relação em diferentes atividades executadas nestes ambientes como alimentação, reprodução, descanso e pernoite (Martinez

1993, Weller 1999). Entre as aves mais perceptíveis dos banhados está as da ordem Ciconiiformes (atualmente dividida, incluindo também a Ordem Pelecaniformes), que possuem uma distribuição mundial (Weller 1999).

A maioria das aves aquáticas é oportunista e tende a ingerir itens alimentares abundantes no local de alimentação. Em sua dieta incluem uma gama ampla de táxons de presas aquáticas, incluindo peixes, anfíbios, crustáceos, insetos aquáticos e outros invertebrados (Frederick 2002). Predadores terrestres, incluindo muitas espécies de aves, alimentam-se em sistemas aquáticos e, portanto, compõem diferentes níveis tróficos em cadeias alimentares aquáticas (Steinmetz *et al.* 2003). Padrões de comportamento e preferências de presas sugerem que a competição interespecífica pode ter resultado na divisão espacial do nicho trófico das aves aquáticas (Frederick 2002). Aves predadoras podem ter um impacto significativo sobre as espécies de presas em ambientes de água doce, assim é fundamental que estes predadores sejam estudados mais detalhadamente para se compreender a estrutura das assembleias e fluxo de energia e nutrientes nas cadeias alimentares aquáticas (Steinmetz *et al.* 2003).

Estudos de dieta baseados em observações de campo à distância são utilizados para presas de fácil visualização. Por outro lado, presas são frequentemente difíceis de identificar a partir de análise de conteúdo do trato digestório, muitas vezes parcialmente digeridos (Cherel *et al.* 2007). Dentre os materiais regurgitados, os pellets são um método menos tendencioso para descrever a composição da dieta de algumas espécies de aves (González-Solís *et al.* 1997, Bugoni e Vooren 2004). Os regurgitados espontâneos são compostos de material semi-digerido regurgitado quando as aves são perturbadas por manuseio ou aproximação e pellets é composto por material não digerido expelido após a digestão, que contém apenas partes duras das presas ingeridas na alimentação, envoltas em muco. As principais vantagens deste método são a facilidade de coleta, a possibilidade de obtenção de um grande número de amostras e o mínimo distúrbio para as aves (Duffy e Jackson 1986, Harris e Wanless 1993), além de permitir a determinação do tamanho e o estado em que as presas são consumidas. Informações da dieta obtidas através de métodos convencionais, se não forem a partir de amostras coletadas durante um longo período, devem refletir a ingestão recente das presas. Além disso, análises dos conteúdos estomacais, regurgitados ou pellets são conhecidas por superestimarem determinados tipos de presa com partes duras, em

detrimento de outros com corpos moles e facilmente digeríveis (Hobson *et al.* 1994, Bearhop *et al.* 1999). O uso de isótopos estáveis evita problemas normalmente associados com as análises convencionais de dieta (*e.g.* pelo método de análise dos conteúdos estomacais, pellets ou observação direta). A determinação de isótopos estáveis em tecidos de animais pode ser uma poderosa alternativa aos modos convencionais de analisar as dietas coletando o conteúdo do estômago ou fezes (Bearhop *et al.* 2004) e, ainda, são obtidos com amostras não destrutivas de animais vivos (*e.g.* sangue, penas, garras) (Bond e Jones 2009).

Os isótopos estáveis de carbono ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ou $\delta^{13}\text{C}$) são usados principalmente para determinar as fontes de produção primária e são úteis para detectar a entrada destes elementos na cadeia alimentar (Richards *et al.* 2003). Os isótopos de nitrogênio ($^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ ou $\delta^{15}\text{N}$) são indicadores de nível trófico, indicando a posição de espécies, já que os tecidos dos consumidores tipicamente possuem valores isotópicos maiores em relação aos seus alimentos (Post 2002). Análises de isótopos estáveis são usados para estudos da estrutura de cadeias alimentares porque fornecem informações integrando tempo e espaço na compreensão entre a relação trófica e o organismo, fornecendo informações relevantes sobre o fluxo dos nutrientes através da cadeia alimentar (Layman *et al.* 2012). Modelos de mistura com isótopos, complementados com análise de regurgitados ou outros métodos convencionais para estudo da dieta, são úteis em estudos sobre a ecologia alimentar de populações ou espécies que são oportunistas em seus hábitos alimentares e, portanto, são capazes de rapidamente alterar os recursos utilizados (Ramos *et al.* 2009). Os isótopos estáveis em amostras de sangue total (componentes celular e plasmático) integram a dieta ingerida e assimilada há 3-4 semanas, enquanto regurgitados representam apenas a última refeição (Auman *et al.* 2011). A união de ambas as técnicas auxilia na compreensão da dieta já que os isótopos estáveis de carbono e nitrogênio em tecidos de aves marinhas são derivados dos valores isotópicos de suas presas e proporcionam elementos para compreender a origem e o tipo de presa consumida (Young *et al.* 2010). A abordagem combinada de avaliação da dieta (isótopos estáveis e regurgitados ou pellets) é susceptível de tornar-se cada vez mais importante para estudar a alimentação das espécies de aves (Bearhop *et al.* 2001). As amostras convencionais com restos de presas e de regurgitados são usadas para identificar as espécies de presas em uma dieta, e em conjunto com análises de isótopos estáveis pode avaliar o impacto do predador sobre grupos específicos de presas (Weiser e

Powell 2011). Os dados de isótopos estáveis inferem sobre as relações de alimentação e estrutura da cadeia trófica, mas não são a caracterização direta da dieta, tais como os dados fornecidos por análise de estômagos, observação direta ou análises fecais (Layman *et al.* 2012).

Estudos feitos com regurgitados, pellets e isótopos estáveis das presas, e sangue e penas de duas espécies de gaivotas (*Larus argentatus* e *L. marinus*) demonstraram que em ambas as espécies existem diferença entre a dieta de filhotes e a de adultos: os filhotes encontraram-se em menor nível trófico que os adultos (Steenweg *et al.* 2011). Os resultados indicam ainda que as gaivotas são predadoras generalistas (Steenweg *et al.* 2011). O uso combinado de amostras convencionais (pellets e restos de alimento) com análises de isótopos estáveis foi empregado para inferir a importância do lixo na dieta de *Larus hyperboreus* (Weiser e Powell 2011). A análise de isótopos de penas de *Mycteria americana* em conjunto com análise de regurgitados, indicou a preferência na alimentação dos filhotes por presas de água doce, ainda que a espécie reproduza e alimente-se em ambientes límnicos e estuarinos (Romanek *et al.* 2000).

Neste contexto, o conhecimento sobre a dieta através de regurgitados, pellets, conteúdo gastrointestinal, lavagem estomacal e análise de isótopos estáveis de *P. ajaja* e *A. alba* poderá contribuir para a compreensão do fluxo de energia e matéria nos ecossistemas aquáticos da planície costeira do sul do Brasil. Assim, este estudo tem como objetivos: 1) descrever e comparar a dieta de garça-branca-grande e colhereiro em dois ambientes, límnico e estuarino e, 2) comparar dois métodos de análises de dieta: caracterização direta (pellets, regurgitados espontâneos, conteúdo gastrointestinal obtido de filhotes mortos e de lavagem estomacal) e isótopos estáveis.

Neste contexto, o conhecimento sobre a dieta de *P. ajaja* e *A. alba* obtida através de regurgitados, pellets, conteúdo gastrointestinal, lavagem estomacal e análise de isótopos estáveis. Abrange o objetivo de comparar a alimentação de colhereiro e garça-branca-granda em dois ambientes, límnico e estuarino. Ênfase é dada às diferenças existentes entre técnicas de forrageamento: *P. ajaja* forrageador tátil e *A. alba* um predador visual, diferem quanto às espécies de presas e ao nível trófico, sendo o colhereiro relacionado a elos bentônicos e a garça a elos piscívoros. Bem como às diferentes de habitat de alimentação ao redor das colônias localizadas em ambiente estuarino e em ambiente límnico. O presente estudo poderá contribuir

para a compreensão do fluxo de energia e matéria nos sistemas aquáticos da planície costeira do sul do Brasil.

Área de estudo

Os banhados e os habitats de águas profundas de diversos tipos caracterizam a planície costeira do extremo sul do Brasil, onde o complexo lagunar Patos-Mirim é a feição dominante (Seeliger *et al.* 1998). Banhados são áreas alagadas, permanentes ou temporários, conhecidos na maior parte do país como brejos, pântanos, charcos, varjões e alagados, entre outros. O termo banhado corresponde a apenas um dos tipos de ambiente incluídos na categoria de “áreas úmidas” ou “zonas úmidas”, do inglês “wetlands” (Burger 2000). As áreas úmidas naturais no Sul do Rio Grande do Sul, como regra geral, inserem-se em três possíveis padrões de matriz de uso do solo: lavouras de arroz irrigado, campos drenados manejados para pecuária e florestamentos com *Pinus* spp (Burger 2000). A região costeira possui um clima temperado-quente com temperatura média anual de 19°C no norte e 17°C no sul da região, variando entre 13°C e 24°C em junho e janeiro, respectivamente, e com precipitação pluvial anual de 1200-1500 mm (Klein 1998).

A colônia estudada na ilha dos Marinheiros está localizada no estuário da Lagoa dos Patos. Estuários são áreas de transição entre as zonas límnic e oceânica (Vieira *et al.* 2010). Esta laguna pode ser dividida em cinco unidades representadas pelo rio Guaíba, enseada de Tapes, lagoa do Casamento, o corpo central lagunar e o estuário. Cada unidade é composta por águas abertas, rasas ou protegidas. O corpo de água central da lagoa dos Patos é composto por aproximadamente 80% da área lagunar, ladeada pelas margens, dominadas por banhados de água doce e por praias arenosas (Asmus 1998). A hidrodinâmica da laguna depende principalmente das relações entre a descarga fluvial e a ação dos ventos (Möller e Fernandes 2010). Predominam no estuário áreas rasas com profundidade inferior a 2 m, com algumas áreas mais profundas que 2 m, especialmente nos canais. A salinidade da lagoa varia devido a eventos de *El Niño*, quando há aumento de água doce no estuário, e épocas de *La Niña*, correspondendo a períodos de estiagem, com menor intensidade de descarga continental e penetração de água salgada no estuário (Vieira *et al.* 2010). A ilha dos Marinheiros é a maior ilha do complexo estuarino, com uma área de 62 km². Possui morfologia plana, exceto pelas formações de dunas e caracteriza-se por possuir campos alagadiços, lagos rasos intermitentes, cordões de dunas e mantos

arenosos (Quintela *et al.* 2009). A colônia de Pelecaniformes localizada nesta ilha (32°04'S e 052°09'W) é uma colônia mista composta por ninhos de *P. ajaja*, *A. alba*, *B. ibis*, *E. thula*, *A. cocoi*, *N. nycticorax*, *Nyctanassa violacea* e *Egretta caerulea* (Gianuca 2010). Encontra-se em uma área anteriormente usada para agricultura e que atualmente possui vegetação arbórea com predomínio de *Sebastiania brasiliensis*, *Sapium glandulosum*, *Erythrina crista-galli*, *Schinus terebinthifolius*, *Salix humboldtiana*, *Ficus cestriifolia* e *Bambusia* sp. (Gianuca 2010) (Fig.3).

O segundo local de amostragem está próxima à Estação Ecológica (ESEC) do Taim que é uma Unidade de Conservação de jurisdição federal do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), situada nos municípios de Rio Grande e Santa Vitória do Palmar (32°20'-33°00'S e 52°20'-52°45'W) entre o oceano Atlântico e a lagoa Mirim. A área desta Unidade de Conservação é de 33.395 ha, e inclui os banhados do Taim, do Albardão, lagoas do Nicola e do Jacaré e a porção ao norte da lagoa Mangueira. As áreas de banhados constituem cerca de 60% do total da Unidade (Burger 2000). O sistema hidrológico do Taim faz parte de vários banhados e lagoas de água doce ocupando uma área de 2.254 km². Os limites são ao sul a lagoa Mangueira, a leste o oceano Atlântico, ao norte uma série de lagoas menores, e a oeste a rodovia BR 471 (Motta-Marques *et al.* 2002). A colônia de Pelecaniformes estudada no Taim (32°30'S e 052°32'W) é uma colônia mista composta por ninhos de *P. ajaja*, *A. alba*, *Bubulcus ibis*, *Egretta thula*, *Ardea cocoi* e *Theristicus caerulescens*, estudada anteriormente por Miño e del Lama (2007) e Miño *et al.* (2011). Esta colônia encontra-se em uma propriedade privada utilizada para pecuária, cuja área de banhado é composto por *Juncus* sp. (Juncaceae) e *Cephalanthus glabratus* (Rubiaceae). Está localizada próxima a áreas alagadas de banhados, campos para pecuária e cultivo de arroz, distante 1,9 km da lagoa das Flores, 4,3 km da lagoa Nicola, 9,8 km lagoa Caibá, 5,2 km da lagoa Mirim, 17,6 km da praia oceânica e 63 km do estuário da lagoa dos Patos (Fig. 3). As duas colônias estudadas, estuarina e límnic, estão distantes 66 km uma da outra.

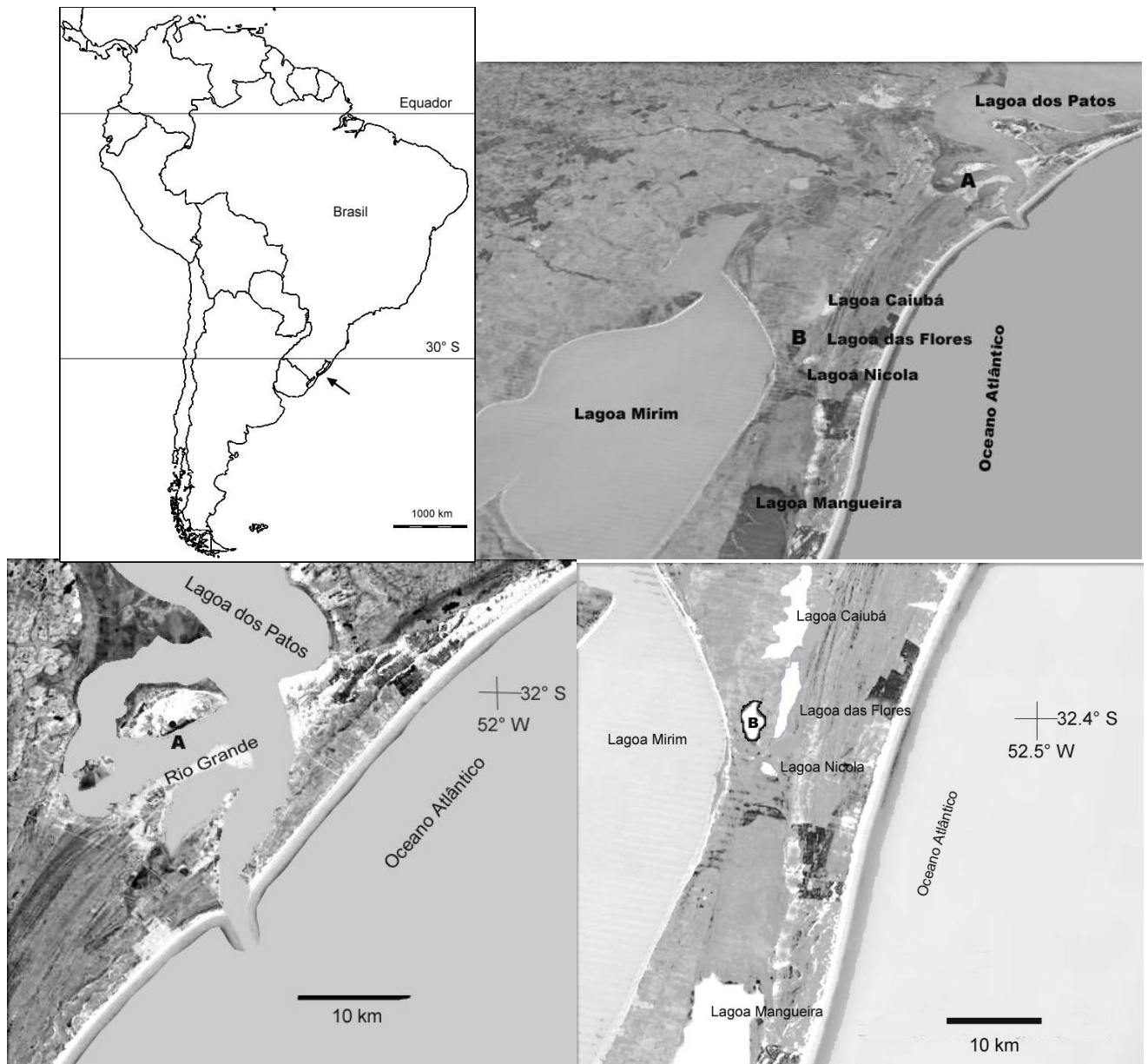


Figura 3. Mapa das áreas de estudo no sul do Brasil, indicado pela seta, ao lado área de estudo na região sul, abaixo local de coleta no ambiente estuarino na Lagoa dos Patos no ponto “A” (ilha dos Marinheiros) que se localiza a ~56 km do ambiente límnic encontrado no ponto “B” (banhado do Aguirre), localizado junto ao banhado do Taim próximo a lagoa das Flores, Nicola, Mirim e Caiubá.

Estrutura da dissertação

Esta dissertação está apresentada na forma de manuscrito formatado para envio à revista *Hydrobiologia*, apresentado a seguir, exceto pelo idioma. O manuscrito inclui dados de ecologia trófica acessados através de itens alimentares e

resíduos da dieta, bem como de isótopos estáveis de carbono ($\delta^{13}\text{C}$) e nitrogênio ($\delta^{15}\text{N}$) no sangue de *P. ajaja* e *A. alba*, coletados em duas colônias, uma estuarina, no estuário da Lagoa dos Patos, e outra em ambiente límnic, no banhado do Aguirre, Taim, sul do Brasil.

Referências

- Araújo, H. F. P. e A. K. Nishida. 2007. Considerações sobre colônias de garças (Ciconiiformes, Ardeidae) no Estado da Paraíba, Brasil. *Ornithologia* 2:34-40.
- Asmus, M. L., 1998. A planície costeira e a Lagoa dos Patos. In Seeliger, U., C. Odebrecht e J. P. Castello (Eds.). *Os ecossistemas costeiro e marinho do extremo sul do Brasil*. Editora Ecoscientia. Rio Grande, p. 9-12.
- Auman, H. J., A. L. Bond, C. E. Meathrel e A. M. M. Richardson. 2011. Urbanization of the silver gull: evidence of anthropogenic feeding regimes from stable isotope analyses. *Waterbirds* 34:70-76.
- Bearhop, S., D. R. Thompson, S. Waldron, I. C. Russell, G. Alexander e R. W. Furness. 1999. Stable isotopes indicate the extent of freshwater feeding by cormorants *Phalacrocorax carbo* shot at inland fisheries in England. *Journal of Applied Ecology* 36:75-84.
- Bearhop, S., D. R. Thompson, R. A. Phillips, S. Waldron, K. C. Hamer, C. M. Gray, S. C. Votier, B. P. Ross e R. W. Furness. 2001. Annual variation in great skua diets: the importance of commercial fisheries and predation on seabirds revealed by combining dietary analyses. *Condor* 103:802-809.
- Bearhop, S., C. E. Adams, S. Waldron, R. A. Fuller e H. MacLeod. 2004. Determining trophic niche width: a novel approach using stable isotope analysis. *Journal of Animal Ecology* 73:1007-1012.
- Beltzer, A. e O. B. Oliveros. 1981. Alimentación de aves en el Valle aluvial del Río Paraná médio II. *Egretta alba egretta* (Gmelin, 1798) y *Egretta thula thula* (Molina, 1782) (Ciconiiformes: Ardeidae). *Ecología Argentina* 6: 119-124.
- Beltzer, A. H. e M. Quiroga. 2007. Birds. In Iriondo, M. H., J. C. Paggi, e M. J. Parma (Eds.). *The Middle Paraná River: limnology of a subtropical wetland*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- Beltzer, A. H, M. A. Quiroga e J. A. Schnack. 2005. Algunas ardeidas del valle de inundación del río Paraná: consideraciones sobre el nicho ecológico y mecanismos de aislamientos. In Aceñolaza, F. G. (Ed.). *Temas de la*

- biodiversidad del litoral fluvial argentino II*. Miscelane 14, ISUGEO, Tucumán, p. 499-526.
- Bencke, G. A., R. A. Dias, L. Bugoni, C. E. Q. Agne, C. S. Fontana, G. N. Maurício e D. Machado. 2010. Revisão e atualização da lista das aves do Rio Grande do Sul, Brasil. *Iheringia, Série Zoologia* 100:519-556.
- Bond, A. L. e I. L. Jones. 2009. A practical introduction to stable-isotope analysis for seabird biologists: approaches, cautions and caveats. *Marine Ornithology* 37:183-188.
- Brzorad, J. N., A. D. Maccarone e K. J. Conley. 2004. Foraging energetics of great egrets and snowy egrets. *Journal of Field Ornithology* 75:266-280.
- Bugoni, L. e C. M. Vooren. 2004. Feeding ecology of the common tern *Sterna hirundo* in a wintering area in southern Brazil. *Ibis* 146:438-453.
- Burger, M. I. 2000. Situação e ações prioritárias para a conservação de banhados e áreas úmidas da Zona Costeira. <http://www.unisinos.br/nupe/arquivos/banhados.pdf>. Acesso em 13/05/2011.
- Cherel, Y., K. A. Hobson, C. Guinet e C. Vanpe. 2007. Stable isotopes document seasonal changes in trophic niches and winter foraging individual specialization in diving predators from the Southern Ocean. *Journal of Animal Ecology* 76:826-836.
- Custer, T. W. e R. G. Osborn. 1978. Feeding habitat use by colonially-breeding herons, egrets, and ibises in North Carolina. *Auk* 95:733-743.
- Duffy, D. C. e S. Jackson. 1986. Diet studies of seabirds: a review of methods. *Waterbirds* 9:1-17.
- Dumas, J. V. 2000. Roseate spoonbill (*Platalea ajaja*), In Poole, A. (Ed.). *The birds of North America online*, Ithaca: Cornell Lab of Ornithology; Retrieved from the birds of North America. <http://bna.birds.cornell.edu/bna/species/490>. Acesso em 15 maio 2011.
- Figueroa, R. A. e E. S. C. Stappung. 2003. Food of breeding great white egrets in an agricultural area of southern Chile. *Waterbirds* 26:370-375.
- Frederick, P. C. 2002. Wading birds in the marine environment. In Schreiber, E. A. e J. Burger (Eds.). *Biology of marine birds*. Boca Raton, CRC Press. p. 618-655.
- Gianuca, D. 2010. *Abundância e ecologia reprodutiva de Pelecaniformes em uma colônia na ilha dos Marinheiros, estuário da lagoa dos Patos, RS*. Dissertação de mestrado em Oceanografia Biológica, FURG, Rio Grande.

- Gimenes, M. R. e L. Anjos. 2011. Quantitative analysis of foraging habitat use by Ciconiiformes in the upper Paraná river floodplain, Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 54:415-427.
- González-Solís, J., D. Oro e V. Pedrocchi. 1997. Bias associated with diet samples in Audouin's gulls. *Condor* 99:713-719.
- Harris, M. P. e S. Wanless. 1993. The diet of shags *Phalacrocorax aristotelis* during the chick-rearing period assessed by three methods. *Bird Study* 40:135-139.
- Hobson, K. A., J. F. Piatt e J. Pitochelli. 1994. Using stable isotopes to determine seabird trophic relationships. *Journal of Animal Ecology* 63:786-798.
- Kelly, J. P., D. Stralberg, K. Etienne e M. McCaustland. 2008. Landscape influence on the quality of heron and egret colony sites. *Wetlands* 28:257-275.
- Klein, A. H. F. 1998. In: Seeliger, U., C. Odebrecht e J. P. Castello (Eds.). *Os ecossistemas costeiro e marinho do extremo sul do Brasil*. Rio Grande, Editora Ecoscientia. p. 5-8.
- Kushlan, J. A. e J. A. Hancock. 2005. *The herons*. Oxford, Oxford University Press. 456p.
- Layman, C. A., M. S. Araujo, R. Boucek, C. M. Hammerschlag-Peyer, E. Harrison, Z. R. Jud, P. Matich, A. E. Rosenblatt, J. J. Vaudo, L. A. Yeager, D. M. Post e S. Bearhop. 2012. Applying stable isotopes to examine food-web structure: an overview of analytical tools. *Biological Reviews* 87:545-562.
- Lorenz, J. J., B. Langan-Mulrooney, P. E. Frezza, R. G. Harvey e F. J. Mazzotti, 2009. Roseate spoonbill reproduction as an indicator for restoration of the Everglades and the Everglades estuaries. *Ecological Indicators* 9:s96-s107.
- Maccarone, A. D., J. N. Brzorad e H. M. Stone. 2010. Nest-activity patterns and food-provisioning rates by great egrets (*Ardea alba*). *Waterbirds* 33:504-510.
- Martinez, M. M. 1993. Las aves y la limnología. Conferencia de Limnología. Boltovskoy, A. e H. L. Lopez, (eds.), Instituto de Limnología "Dr. R. A. Ringuelet" La Plata.
- Matheu, E. e J. del Hoyo. 1992. Family Threskiornithidae (ibises and spoonbills). In del Hoyo, J., A. Elliott e J. Sargatal (Eds.) *Handbook of the birds of the world*. Lynx Edicions; Barcelona, Spain. pp 472-508.
- McCrimmon, Jr., D. A., J. C. Ogden e G. T. Bancroft. 2001. Great egret (*Ardea alba*), In Poole, A. (Ed.). *The Birds of North America online*. Ithaca: Cornell Lab

- of Ornithology; Retrieved from the Birds of North America. <http://bna.birds.cornell.edu/bna/species/570>. Acesso em 15 maio 2011.
- Miño, C. I. e S. N. del Lama. 2007. Genetic structure in Brazilian breeding colonies of the roseate spoonbill (*Platalea ajaja*, Aves: Threskiornithidae). *Genetics and Molecular Research* 6:338-347.
- Miño C. L., M. A. Russello, P. F. M. Gonçalves e S. N del Lama. 2011. Reconstructing genetic mating systems in the absence of parental information in colonially breeding waterbirds. *BMC Evolutionary Biology* 11:196.
- Möller, O. e E. Fernandes. 2010. Hidrologia e hidrodinâmica. In Seeliger, U. I. & C. Odebrecht (Eds.). *O estuário da Lagoa dos Patos: um século de transformações*. Editora FURG, Rio Grande.
- Motta-Marques, D. M. L., C. Tucci, D. Calazans, V. L. M. Callegaro e A. Villanueva. 2002. O sistema hidrológico do Taim - site 7. In Seeliger, U., C. V. Cordazzo e F. Barbosa (Eds.) Os sites e o programa Brasileiro de pesquisas ecológicas de longa duração. Belo Horizonte, MCT CNPq. Pp. 125-144.
- Petry, M. V. e V. S. Fonseca. 2005. Breeding success of the colonist species *Bubulcus ibis* (Linnaeus, 1758) and four native species. *Acta Zoologica* 86:217-221.
- Post, D. M. 2002. Using stable isotopes to estimate trophic position: models, methods, and assumptions. *Ecology* 83:703-718.
- Post, W. 2008. Food exploitation patterns in an assembly of estuarine herons. *Waterbirds* 31:179-192.
- Pretelli, M. G., M. L. Josens e A. H. Escalante. 2012. Breeding at a mixed-species of great egret and cocoi heron in a Pampas wetland of Argentina. *Waterbirds* 35:35-43.
- Quintela, F. M., L. F. M. Neves, I. G. Medvedovisky, M. B. Santos, M. C. L. M. Oliveira e M. P. C. Figueiredo. 2009. Relação dos anfíbios da ilha dos Marinheiros, estuário da lagoa dos Patos; Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Biociências* 7:231-233.
- Ramos, R., F. Ramírez, C. Sanpera, L. Jover e X. Ruiz. 2009. *Larus michahellis* in the western Mediterranean: a comparative assessment using conventional and isotopic methods. *Marine Ecology Progress Series* 377:289-297.

- Richards, M. P., B. T. Fuller, M. Sponheimer, T. Robinson e L. Ayliff. 2003. Sulphur isotopes in palaeodietary studies: a review and results from a controlled feeding experiment. *Journal of Osteoarchaeology* 13:37-45.
- Romanek, C. S., K. F. Gaines, A. L. Bryan Jr. e I. L. Brisbin, Jr. 2000. Foraging ecology of the endangered wood stork recorded in the stable isotope signature of feathers. *Oecologia* 125:584-594.
- Scherer, J. F. M. 2010. *Biologia reprodutiva de Ardeidae em três ninhais do Rio Grande do Sul, Brasil*. Dissertação de Mestrado em Diversidade e Manejo de Vida Silvestre. Universidade do Vale do Rio do Sinos, UNISINOS, São Leopoldo.
- Scherer, J. F. M., A. L. Scherer, M. V. Petry e E. C. Teixeira. 2006. Estudo da avifauna associada à área úmida situada no Parque Mascarenhas de Moraes, zona urbana de Porto Alegre (RS). *Biotemas* 19:107-110.
- Seeliger, U., C. Odebrecht e J. P. Castello (Eds.). 1998. *Os ecossistemas costeiro e marinho do extremo sul do Brasil*. Editora Ecocientia, Rio Grande, 326p.
- Sick, H. 1997. *Ornitologia brasileira*. Rio de Janeiro, Editora Nova Fronteira. 912p.
- Silva, F. e M. A. B. Fallavena. 1995. Movimento de dispersão de *Platalea ajaja* (Aves, Threskiornithidae) detectados através de anilhamento. *Revista de Ecologia Latino Americana* 2:19-21.
- Steenweg, R. J., R. A. Ronconi e M. L. Leonard. 2011. Seasonal and age-dependent dietary partitioning between the great black-backed and herring gull. *Condor* 113:795-805.
- Steinmetz, J., S. L. Kohler e D. A. Soluk. 2003. Birds are overlooked top predators in aquatic food webs. *Ecology* 84:1324-1328.
- Swennen, C. K. e Y. T. Yu. 2005. Food and feeding behavior of the black-faced spoonbill. *Waterbirds* 28:19-27.
- Teixeira, D. M. e J. B. Nacinovic. 2003. Itens alimentares do colhereiro, *Ajaja ajaja* (Linnaeus, 1758), no Brasil Central (Ciconiiformes, Threskiornithidae). *Arquivos do Museu Nacional* 61:49-54.
- Veen, J., O. Overdijk e T. Veen. 2012. The diet of an endemic subspecies of the Eurasian spoonbill *Platalea leucorodia balsaci*, breeding at the Banc d'Arguin, Mauritania. *Ardea* 100:123-130.

- Vieira, J. P., A. M. Garcia e L. Moraes. 2010. A assembleia de peixes. In Seeliger, U. I. e C. Odebrecht (Eds.). *O estuário da Lagoa dos Patos: um século de transformações*. Editora FURG, Rio Grande, p.79-88.
- Weiser, E. L. e A. N. Powell. 2011. Evaluating gull diets: a comparison of conventional methods and stable isotope analysis. *Journal of Field Ornithology* 82:297-310.
- Weller, M. W. 1999. *Wetland birds: habitat resources and conservation implications*. Cambridge University Press.176pp.
- Young, H. S., D. J. McCauley, R. Dirzo, R. B. Dunbar e S. A. Shaffer. 2010. Niche partitioning among and within sympatric tropical seabirds revealed by stable isotope analysis. *Marine Ecology Progress Series* 416:285-294.

Manuscrito

Ecologia alimentar do colhereiro (*Platalea ajaja*) e da garça-branca-grande (*Ardea alba*) em ambiente límnico e estuarino no sul do Brasil.

Vanessa Oliveira Britto, Leandro Bugoni

Laboratório de Aves Aquáticas e Tartarugas Marinhas, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Rio Grande (FURG), CP 474, CEP 96203-900, Rio Grande, RS, Brasil.

&

Programa de Pós-Graduação em Biologia de Ambientes Aquáticos Continentais, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Rio Grande (FURG), CP 474, CEP 96203-900, Rio Grande, RS, Brasil.

*E-mail: vanessa.obritto@gmail.com.br

Artigo redigido de acordo com as normas para submissão ao periódico *Hydrobiologia*.

Resumo

Esse estudo investigou a dieta de garça-granca-grande (*Ardea alba*) e colhereiro (*Platalea ajaja*) em duas colônias entre 2011 e 2012, em ambiente límnico e estuarino, no sul do Brasil. Foram analisados regurgitados espontâneos, conteúdos gastrointestinais, pellets e isótopos estáveis. Sangue de filhotes com mais de três semanas de vida e músculos de presas potenciais tiveram os isótopos estáveis de carbono ($\delta^{13}\text{C}$) e nitrogênio ($\delta^{15}\text{N}$) analisados. Na caracterização direta da dieta *P. ajaja* teve uma dieta constituída por peixes, insetos, crustáceos, moluscos e sementes. *Ardea alba* apresentou uma dieta constituída de peixes, insetos e crustáceos. As análises de isótopos estáveis indicaram presas límnicas na dieta de *P. ajaja*, enquanto *A. alba* utilizou tanto áreas límnicas quanto estuarinas para se alimentar. Em ambiente límnico as duas espécies podem utilizar recursos alimentares semelhantes, embora quando reproduzam em ambiente estuarino alimentam-se em ambientes distintos. Através de metodologias complementares verificou-se que *P. ajaja* alimenta-se de presas límnicas mesmo quando reproduz-se em ambiente estuarino, enquanto *A. alba* utiliza habitat límnico e estuarino para sua reprodução, alimentando-se ao redor da colônia em ambos os ambientes.

Palavras-chave dieta, pellets, isótopos estáveis, modelos mistos, aves aquáticas, Pelecaniformes

Introdução

Os Pelecaniformes (garças, socós, colhereiros e afins) estão fortemente associados a ambientes aquáticos rasos, continentais ou costeiros, dos quais dependem para sua alimentação e reprodução (Frederick, 2002). Muitas destas aves aquáticas nidificam em colônias, podendo incluir apenas alguns ninhos, ou milhares. As colônias localizam-se em áreas onde as aves adultas podem obter energia a partir do ecossistema circundante, para manter-se e alimentar os filhotes (Brzorad et al., 2004). A maioria das aves aquáticas é oportunista e tende a ingerir itens alimentares abundantes no local de alimentação. Em sua dieta incluem uma gama ampla de táxons de presas aquáticas, incluindo peixes, anfíbios, crustáceos, insetos aquáticos e outros invertebrados (Frederick, 2002).

Predadores terrestres, incluindo muitas espécies de aves, alimentam-se em ecossistemas aquáticos e, portanto, ocupam diferentes níveis tróficos em cadeias alimentares aquáticas (Steinmetz et al., 2003). Padrões de comportamento e preferências de presas sugerem que a competição interespecífica pode ter resultado na divisão espacial do nicho trófico das aves aquáticas (Frederick, 2002). Além disso, aves predadoras podem ter um impacto significativo sobre as espécies de presas em ambientes de água doce e, portanto, é fundamental que estes predadores sejam estudados, a fim de compreender-se a estrutura das assembleias e fluxo de energia e nutrientes nas cadeias alimentares aquáticas (Steinmetz et al., 2003). A interação das aves aquáticas com o ambiente límnic e as modificações causadas pelo homem nesses ambientes são pouco compreendidas (Comín & Hurlbert, 2012), justificando a necessidade de mais investigações.

Ardea alba Linnaeus, 1753 (garça-branca-grande) está distribuída na maior parte das Américas do Norte, Central e do Sul, leste da Europa, África e norte da Ásia, exceto desertos (Kushlan & Hancock, 2005). Utiliza vários habitats úmidos para sua alimentação incluindo marismas, pântanos, brejos, córregos, margens de rios, lagoas, margens de lagos, campos inundados, salinas e campos agrícolas inundados (McCrimmon et al., 2001; Kushlan & Hancock, 2005). Por alimentar-se em campos agrícolas e locais de tratamento de esgoto, possui risco de exposição a pesticidas, metais e outros tipos de poluentes (McCrimmon et al., 2001). As garças capturam suas presas visualmente com golpes, que são um ataque rápido para baixo ou com movimentos laterais (Kushlan & Hancock, 2005; Beltzer & Quiroga, 2007).

As garças têm uma dieta ampla, e em geral alimentam-se de peixes, anfíbios, répteis e por vezes aves e mamíferos (Weller, 1999), porém os organismos mais importantes são os peixes, crustáceos (Post, 2008) e insetos (Beltzer & Oliveros, 1981; Figueroa & Stappung, 2003; Beltzer et al., 2005; Kushlan & Hancock, 2005; Pretelli et al., 2012). *Ardea alba* possui preferência por habitats para alimentação, utilizando predominantemente áreas estuarinas entremarés e no infralitoral, apresentando um comportamento oportunista e respondendo à disponibilidade local de alimento (Post, 2008). Entretanto, Gimenes e Anjos (2011) não encontraram preferência por habitat em *A. alba*, comprovando o comportamento oportunista.

O colhereiro, *Platalea ajaja* Linnaeus, 1758, por sua vez, é uma das seis espécies de colhereiros existentes no planeta (Dumas, 2000). Esta espécie tem distribuição nas Américas do Norte e Central, no oeste do Caribe e na América do Sul. Os imaturos ocasionalmente dispersam a grandes distâncias, mas os padrões sazonais de movimentação são pouco conhecidos (Dumas, 2000). No entanto, em um estudo de dispersão realizado no Rio Grande do Sul, entre 1980 e 1985, os jovens ao abandonarem o ninho deslocaram-se a distâncias consideráveis, enquanto os filhotes com mais de um ano de idade encontraram-se próximo às colônias onde nasceram, indicando uma provável tendência à filopatria (Silva & Fallavena, 1995).

Os colhereiros alimentam-se em águas rasas com variação de salinidade, desde áreas hipersalinas, marinhas, salobras e habitats de água doce, incluindo baías costeiras, estuários, lagoas, pântanos, prados úmidos, brejos e também marismas (Dumas, 2000). Com o bico na água tateiam enquanto caminham, balançando a cabeça com o bico ligeiramente aberto, de um lado para outro, em movimentos semicirculares e fechando-o quando entram em contato com a presa, principalmente peixes, crustáceos e invertebrados aquáticos (Dumas, 2000; Teixeira & Nacinovic, 2003). Colhereiros alimentam-se de pequenos crustáceos, insetos, moluscos, assim como peixes e anfíbios (Weller, 1999). Pequenos crustáceos têm papel importante na dieta de colhereiros, sendo responsáveis pela intensa pigmentação vermelha que esta ave apresenta (Sick, 1997). Pequenos peixes e crustáceos, especialmente camarões (*Palaemonetes*, *Penaeus*), besouros aquáticos e outros insetos, moluscos e também algum material vegetal, incluindo fibras e raízes de ciperáceas, compõem a dieta de *P. ajaja* (Matheu & del Hoyo, 1992).

Estudos de dieta baseados em observações de campo à distância são utilizados para presas de fácil visualização. Por outro lado, presas são

frequentemente difíceis de identificar a partir de análise de conteúdo do trato digestório, muitas vezes parcialmente digeridas (Cherel et al., 2007). Dentre os materiais regurgitados, os pellets são estruturas compostas por resíduos indigeridos de presas, e um método menos tendencioso para descrever a composição da dieta de algumas espécies (González-Solís et al., 1997; Bugoni & Vooren, 2004). As principais vantagens deste método são a facilidade de coleta, a possibilidade de obtenção de um grande número de amostras e o mínimo distúrbio para as aves (Duffy & Jackson, 1986; Harris & Wanless, 1993), além de permitir a determinação do tamanho das presas consumidas. Informações da dieta obtidas através de métodos convencionais (conteúdos estomacais, regurgitados, pellets) se não forem coletadas durante um longo período, devem refletir apenas a ingestão recente das presas. Além disso, estas análises são conhecidas por superestimarem determinados tipos de presa com partes duras, em detrimento de outras com corpos moles e facilmente digeríveis (Hobson et al., 1994; Bearhop et al., 1999). O uso de isótopos estáveis evita problemas normalmente associados com as análises convencionais de dieta (*e.g.* pelo método de análise dos conteúdos estomacais, pellets ou observação direta). A determinação de isótopos estáveis em tecidos de animais pode ser um método complementar aos modos convencionais de analisar as dietas coletando o conteúdo do estômago ou fezes (Bearhop et al., 2004) e, ainda, são obtidos com amostras não destrutivas de animais vivos como sangue, penas e garras (Bond & Jones, 2009).

Os isótopos estáveis de carbono ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ou $\delta^{13}\text{C}$) são usados principalmente para determinar as fontes de produção primária e são úteis para detectar a entrada destes elementos na cadeia alimentar (Richards et al., 2003). Os isótopos de nitrogênio ($^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ ou $\delta^{15}\text{N}$) são indicadores de nível trófico, indicando a posição das espécies, já que os tecidos dos consumidores tipicamente possuem valores isotópicos maiores em relação aos seus alimentos (Post, 2002). Isótopos estáveis são usados para análises da estrutura de cadeias alimentares porque fornecem informações para a compreensão da relação trófica entre organismos, fornecendo informações relevantes sobre o fluxo dos nutrientes através da cadeia alimentar (Layman et al., 2012). Modelos de mistura com isótopos, complementados com análise de regurgitados, são úteis em estudos sobre a ecologia alimentar de populações ou espécies que são oportunistas em seus hábitos alimentares e, portanto, são capazes de rapidamente alterar os recursos utilizados (Ramos et al., 2009). Os isótopos estáveis em amostras de sangue total integram a dieta ingerida e assimilada

há 3-4 semanas, enquanto regurgitados representam apenas a última refeição (Auman et al., 2011). A união de ambas as técnicas auxilia na compreensão da dieta já que os isótopos estáveis de C e N em tecidos de aves marinhas são derivados dos valores isotópicos de suas presas e proporcionam elementos para compreender a origem e o tipo de presa consumida (Young et al., 2010). A abordagem combinada de avaliação da dieta (isótopos estáveis e regurgitados ou pellets) é susceptível de tornar-se cada vez mais importante para estudar a alimentação das espécies de aves (Bearhop et al., 2001). As amostragens convencionais da dieta, através da coleta de restos de presas e regurgitados, são usadas para identificar as espécies de presas na dieta, e em conjunto com análises de isótopos estáveis pode avaliar o impacto do predador sobre grupos específicos de presas (Weiser & Powell, 2011). Os dados de isótopos estáveis permitem inferências sobre as relações alimentares e estrutura da cadeia trófica, mas não resulta na caracterização direta da dieta, tais como os dados fornecidos por análise de estômagos, observação direta ou análises fecais (Layman et al., 2012).

Neste contexto, é importante o conhecimento sobre a dieta de *P. ajaja* e *A. alba* obtida através de regurgitados, pellets, conteúdo gastrointestinal, lavagem estomacal e análise de isótopos estáveis. Este estudo tem como objetivo comparar a alimentação de colhereiro e garça-branca-granda em dois ambientes, límnic e estuarino. Ênfase é dada às diferenças existentes entre as técnicas de forrageamento: *P. ajaja* forrageador tátil e *A. alba* um predador visual. Desta forma estas aves potencialmente diferem quanto às espécies de presas e ao nível trófico, sendo o colhereiro associado a presas e fontes de alimento bentônicas e a garça associada aos peixes. Adicionalmente podem diferir quanto ao habitat de alimentação ao redor das colônias, localizadas em ambiente estuarino e em ambiente límnic. O presente estudo poderá contribuir para a compreensão do fluxo de energia e matéria nos sistemas aquáticos da planície costeira do sul do Brasil.

Métodos

Área de estudo

O estudo foi realizado em duas colônias localizadas em áreas de banhado, uma próxima à Estação Ecológica (ESEC) do Taim, em ambiente límnic (banhado do

Aguirre), e a outra na ilha dos Marinheiros, ambiente estuarino, ambas no município de Rio Grande, Rio Grande do Sul, sul do Brasil (Fig. 1). Os banhados e os habitats de águas profundas de diversos tipos caracterizam a planície costeira do extremo sul do Brasil, onde o complexo lagunar Patos-Mirim é a feição dominante (Seeliger et al., 1998). As áreas úmidas naturais no sul do Rio Grande do Sul, como regra geral, inserem-se em três possíveis padrões de matriz de uso do solo: lavouras de arroz irrigado, campos drenados manejados para pecuária, e florestamentos com *Pinus* spp. (Burger, 2000). A região costeira possui clima temperado-quente com temperatura média anual de 19°C no norte e 17°C no sul da região, variando entre 13°C e 24°C em junho e janeiro, respectivamente, e com pluviosidade anual de 1200-1500 mm (Klein, 1998).

A colônia de Pelecaniformes localizada na ilha dos Marinheiros (32°04'S e 052°09'W) é uma colônia mista composta por ninhos de *P. ajaja*, *A. alba*, *Bubulcus Ibis* (Linnaeus, 1758), *Egretta Thula* (Molina, 1782), *Ardea cocoi* Linnaeus, 1766, *Nycticorax nycticorax* (Linnaeus, 1758), *Nyctanassa violacea* (Linnaeus, 1758) e *Egretta caerulea* (Linnaeus, 1758) (Gianuca, 2010) e encontra-se em uma área anteriormente usada para horticultura, distante 300 m da laguna Lagoa dos Patos. A vegetação da colônia é constituída por espécies arbóreas como *Sebastiania brasiliensis* L., *Sapium glandulosum* Morong, *Erythrina crista-galli* (Linnaeus, 1767), *Schinus terebinthifolius* (Raddi, 1827), *Salix humboldtiana* Willdenow, *Ficus cestrifolia* Sprengel e *Bambusa* sp. (Gianuca, 2010). A ilha dos Marinheiros é a maior ilha do complexo estuarino da Lagoa dos Patos com área aproximada de 62 km². Apresenta morfologia plana, exceto pelas formações de dunas. Caracteriza-se por possuir campos alagadiços, lagos rasos intermitentes, cordões de dunas e mantos arenosos (Quintela et al., 2009). A Lagoa dos Patos pode ser dividida em cinco unidades, composta por águas abertas rasas e protegidas. O corpo de água central da Lagoa dos Patos compõe cerca de 80% da área lagunar, ladeada pelas margens, dominadas por banhados de água doce e por praias arenosas (Asmus, 1998). A hidrodinâmica da laguna depende principalmente das relações entre a descarga fluvial e a ação dos ventos (Möller & Fernandes, 2010). A salinidade da laguna varia devido a eventos de *El Niño*, quando há aumento de água doce no estuário, e épocas de *La Niña*, correspondendo a períodos de estiagem, com menor intensidade de descarga continental e penetração de água salgada no estuário (Vieira et al., 2010). As amostras provenientes deste local foram denominadas de amostras estuarinas,

embora possam ser provenientes das áreas límnicas no interior da ilha ou de áreas continentais próximas. As colônias estuarina e límnicas estão distantes 66 km entre si.

A colônia de Pelecaniformes estudada no Taim (32°30'S e 052°32'W) é uma colônia mista composta por ninhos de *P. ajaja*, *A. alba*, *B. ibis*, *E. thula*, *A. cocoi* e *Theristicus caerulescens* (Vieillot, 1817). O ninhal encontra-se em uma área utilizada para pecuária, composto por juncos (*Juncus* sp., Juncaceae) e arbustos (*Cephalanthus glabratus* Martius, Rubiaceae). Está associada a áreas alagadas de banhados, campos usados para pecuária e cultivo de arroz, distante aproximadamente 1,9 km da lagoa das Flores, 4,3 km lagoa Nicola, 5,2 km lagoa Mirim; 9,8 km da lagoa Caiubá, ~15 km do oceano Atlântico e ~56 km do estuário da Lagoa dos Patos. A ESEC Taim é uma Unidade de Conservação de jurisdição federal, sob responsabilidade do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), situada nos municípios de Rio Grande e Santa Vitória do Palmar (32°20'-33°00'S e 052°20'-052°45'W) entre o oceano Atlântico e a lagoa Mirim. A área desta Unidade de Conservação é de 33.395 km² e inclui os banhados do Taim, do Albardão, lagoas do Nicola e do Jacaré e a porção norte da lagoa Mangueira. As áreas de banhados constituem cerca de 60% do total da Unidade (Burger, 2000). O sistema hidrológico do Taim faz parte de vários banhados e lagoas de água doce ocupando uma área de 2254 km² (Burger, 2000). As amostras provenientes deste local são denominadas de amostras do ambiente límnic.

Coletas de amostras para estudo da dieta

As amostras foram coletadas entre setembro de 2011 e janeiro de 2012, no período reprodutivo de *P. ajaja* e *A. alba*. Dentro dos ninhos ou próximos a estes, foram coletados regurgitados espontâneos dos filhotes (material semi-digerido regurgitado quando as aves são perturbadas por manuseio ou aproximação do predador) e pellets (material não digerido expelido após a digestão, que contém apenas partes duras das presas ingeridas na alimentação, envolto em muco). Também foram coletados conteúdos gastrointestinais de filhotes encontrados mortos nas colônias. Tentou-se ainda lavagem estomacal nos filhotes, através de sonda gastro-esofágica (6 mm de diâmetro por 44 mm de comprimento), injetando água doce morna no trato digestório da ave, até que o excedente de água saísse na borda do bico. Após, a sonda foi retirada suavemente e a ave virada de cabeça para baixo para que a água e o material

contido no estômago fossem eliminados pelo bico (Gales, 1987). Este método teve sucesso de obtenção das amostras bastante limitado (ver Resultados) e, portanto, foi abandonado após as primeiras tentativas. As presas usadas na construção dos modelos isotópicos de misturas bayesianos foram coletadas ao redor das duas colônias estuarinas e límnicas.

O material coletado das diferentes maneiras, de cada indivíduo, foi acondicionado em sacos plásticos e congelado para posterior triagem. Não foi possível a padronização da amostragem da dieta entre locais e espécies. Foram coletados regurgitados de garça (estuário n = 20) e de colhereiro (estuário n = 8, límnic n = 1), pellets apenas de colhereiro (estuário n = 2, límnic n = 1), conteúdo gastrointestinal de garça (estuário n = 2, límnic n = 12) e colhereiro (estuário n = 5, límnic n = 7) e lavagem estomacal de garça (límnic n = 1) e colhereiro (límnic n = 5). As amostras foram agrupadas para as análises, num total de amostras de garça (estuário n = 22 e límnic n = 14) e de colhereiros (estuário n = 15 e límnic n = 14) (Tabela 1).

Em laboratório as amostras foram separadas por táxon e identificadas até o menor nível taxonômico possível em lupa estereoscópica de aumento 0,75 a 3,5x. Os peixes foram identificados através de otólitos, conforme Naves (1999) e coleções de referência do Laboratório de Recursos Pesqueiros Demersais e Cefalópodes, e do Laboratório de Aves Aquáticas e Tartarugas Marinhas, ambos na Universidade Federal do Rio Grande - FURG. Peixes inteiros ou fragmentos foram identificados por especialista (Laboratório de Ictiologia, FURG) e de acordo com Fischer et al. (2011). Os crustáceos foram identificados por especialista (Laboratório de Crustáceos Decápodes, FURG) e segundo Backup & Bond-Backup (1999). Insetos e moluscos foram identificados por especialista do Laboratório de Limnologia, FURG, segundo Borrer & Long (1969) e Mugnai et al. (2010).

Coleta de amostras para análise de isótopos estáveis

Para a análise de isótopos estáveis de carbono e nitrogênio, foram capturados manualmente ninhegos de cada uma das espécies. Com o uso de seringa e agulha, 0,5 ml de sangue foi retirado da veia tarsal de *A. alba* (estuário n = 18 e límnic n = 16) e de *P. ajaja* (estuário n = 14 e límnic n = 16). Gotas de sangue foram colocadas em lâminas histológicas para secagem ao sol. Depois de seco o sangue foi raspado e

armazenado em tubos plásticos. Além da coleta de sangue foram medidos o tarso e culmen dos filhotes com paquímetro e marcados com anilhas metálicas fornecidas pelo CEMAVE-ICMBio, para evitar reamostragem do mesmo indivíduo. O sangue foi coletado de filhotes com mais de três semanas de vida, para que a assinatura isotópica dos nutrientes do ovo estivesse sido substituída pela assinatura da dieta fornecida pelos pais, uma vez que o sangue de aves tem taxa de renovação de aproximadamente 3-4 semanas (Bearhop et al., 2002; Sears et al. 2009; Wolf et al., 2010). A taxa de renovação (*turnover*) é expressa em termos de meia-vida e refere-se à quantidade de tempo requerida para que o sinal do isótopo estável do tecido do consumidor alcance o valor médio entre a dieta original observada e o valor que será verificado na nova dieta em equilíbrio (Manetta & Benedito-Cecilio, 2003).

Em laboratório o sangue foi liofilizado, triturado, homogeneizado, pesado (1 mg) e acondicionado em cápsulas de estanho (5x9 mm, Costech[®]) e analisado em espectrômetro de massa (Thermo Finnigan Delta Plus XP) na Universidade da Geórgia, Estados Unidos. Os resultados das análises isotópicas são expressos de acordo com a notação delta (δ), através da equação 1, conforme Bond & Hobson (2012):

$$\delta^{13}\text{C} \text{ ou } \delta^{15}\text{N} = \left(\frac{R_{\text{amostra}}}{R_{\text{padrão}}} \right) - 1 \quad (\text{eq. 1})$$

Onde R_{amostra} corresponde à razão entre os isótopos pesado e leve da amostra e $R_{\text{padrão}}$ corresponde à razão entre os isótopos pesado e leve do belemnito de *Pee Dee*, padrão internacional para C, e o ar atmosférico (N_2), padrão internacional para N. Amostras de padrões internos do laboratório, calibrados de acordo com o valor dos padrões internacionais, foram usadas a cada 12 amostras. O desvio padrão dessas amostras indica o grau de precisão das análises, que foi de $\pm 0,10$ para $\delta^{15}\text{N}$ e $\pm 0,11$ para $\delta^{13}\text{C}$.

A partir dos itens alimentares mais comuns nas amostras da dieta, foram selecionados fragmentos de tecido muscular ou os organismos inteiros, para análise de isótopos e comparação com os isótopos do sangue das aves. Amostras destas presas potenciais foram obtidas de regurgitados não digeridos, ou presas coletadas em ambientes próximos às colônias. Os tecidos musculares das presas tiveram os lipídios extraídos com éter de petróleo durante 6 h em aparelho Soxhlet.

Posteriormente as amostras foram liofilizadas (Liobras, Liotop L101), e preparadas do mesmo modo que as amostras de sangue.

Análise dos dados

A importância de cada item alimentar na dieta foi determinada para as duas espécies e locais, a partir das amostras obtidas por diferentes métodos agrupadas: regurgitados, pellets, conteúdo gastrointestinal e lavagem estomacal. Foram calculadas a frequência de ocorrência relativa ou percentual (FO%), ou seja, a proporção de amostras que continha o item em relação ao total de amostras da espécie no local; a contribuição numérica relativa (N%), i.e. o número de presas contadas na amostra em relação ao total de presas encontradas; e a contribuição em massa relativa (M%) de cada item alimentar na dieta a partir da reconstituição da dieta (Bugoni & Vooren, 2004).

Também foram calculados por espécie de ave e local de amostragem a contribuição percentual média em número de cada item alimentar, considerando-se apenas as amostras em que estavam presentes (PN%, eq. 2), conforme Brown et al. (2012):

$$PN\% = \frac{\sum_{j=1}^n \%Ni_j}{ni} \quad (\text{eq. 2})$$

Foi calculada ainda a contribuição percentual média em massa reconstituída (PM%) de cada item alimentar, considerando-se apenas as amostras em que o item alimentar estava presente (eq. 3):

$$PM\% = \frac{\sum_{j=1}^n \%Mi_j}{ni} \quad (\text{eq. 3})$$

Com os valores de PN% e PM%, além da FO%, foi calculado o Índice de Importância Relativa Presa-Específica (PSIRI%), conforme proposto por (Brown et al., 2012) (eq. 4):

$$PSIRIi\% = \frac{FO\% \cdot (PNi\% + PMi\%)}{2} \quad (\text{eq. 4})$$

Onde:

PSIRI% = Índice de importância relativa presa-específica do item alimentar *i*.

FO% = Frequência de ocorrência da presa *i* nas amostras.

PN% = Contribuição numérica presa-específica da presa *i*.

PM% = Contribuição presa-específica em massa reconstituída da presa *i*.

n_i = número de amostras em que a presa *i* foi encontrada.

j = amostra.

i = presa-específica.

Para os itens alimentares que não possuíam equação alométrica para estimar a massa corporal a partir do tamanho, foram utilizados os valores médios da espécie na região: crustáceos Brachyura de 23,7 g (Oliveira et al., 2006); crustáceos Penaeidae 9,37 g (D’Incao & Calazans, 1978); insetos Coleoptera foram usados 0,2 g (Bugoni & Vooren, 2004); insetos Belostomatidae foi medida a massa média de quatro indivíduos encontrados inteiros nas amostras de dieta (= 0,2 g). Para as presas digeridas ou semidigeridas, quando possível foi usada uma equação de regressão para estimar a massa original da presa a partir de uma estrutura rígida, por exemplo otólitos dos peixes. Para a reconstituição da massa dos peixes os otólitos foram classificados conforme o grau de digestão (ID) segundo Bugoni & Vooren (2004). Os otólitos com ID (0) e (1), ou seja, com pouca ou nenhuma digestão, foram medidos em lupa com escala milimétrica. Para os peixes cujo ID foi (2) ou (3), ou de espécies sem equação alométrica disponível, utilizou-se o valor médio da massa da menor categoria taxonômica correspondente, a qual pertence aquele item alimentar. Para os demais grupos de insetos, por não possuírem indivíduos inteiros e equação de regressão, foi utilizando o valor de 0,2 g; para os moluscos foi utilizada a massa média de 1,3 g obtidos da pesagem de sete indivíduos de *Pomacea canaliculata* (Lamarck, 1822) com tamanho similar aos encontrados na dieta. Para sementes foi medida a massa de seis sementes de *Oryza sativa* L. e usado o valor médio de 0,02 g, e quatro sementes de *Ludwigia* sp. (média de 0,21 g).

A sobreposição de nicho trófico foi calculada a partir do índice de Morisita, modificado por Horn, baseado na frequência numérica de cada táxon (Magurran, 2011). Valores maiores que 0,6 foram considerados significativos na sobreposição entre a dieta das duas espécies comparadas (Diamond, 1983).

Os valores de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ no sangue foram analisados através de um modelo linear generalizado (GLM) (McCullogh & Searle, 2001), utilizando-se distribuição gaussiana, já que os dados da variável dependente atenderam aos pressupostos de normalidade e homocedasticidade. Foram incluídos no modelo os fatores ‘espécie’ (2 níveis - *A. alba* e *P. ajaja*), ‘local’ (2 níveis - estuário e límnic), e a covariável/variável contínua ‘comprimento do culmen’ ou ‘comprimento do tarso’, usadas como uma indicação do tamanho/idade dos filhotes. A interação entre as variáveis independentes também foi testada. As variáveis não significativas no modelo foram progressivamente eliminadas e o modelo com menor AIC (*Akaike Information Criterion*) foi selecionado e apresentado neste estudo. Para detalhar o modelo usado em GLM foi calculado ANOVA dos resíduos do modelo, que além da significância dos fatores fornece a porcentagem explicada do modelo como completo e de cada variável individualmente, calculados como a deviância/resíduo da deviância do modelo nulo*100, como demonstrado por Ye et al. (2001). As análises foram feitas no programa R (R Development Core Team, 2012).

Para determinar a contribuição de cada grupo de presas na dieta das espécies de aves foram construídos modelos de mistura bayesiano em R, no pacote SIAR (Parnell et al., 2010). Para inferir a contribuição das diferentes fontes na dieta de *P. ajaja* e *A. alba* foram estabelecidos modelos de mistura isotópicos (SIAR) com as aves separadas em dois grupos, de acordo com a espécie e o local de origem (garças: grupo 1 - garça límnic, grupo 2 garça- estuarino; e colhereiros: grupo 1 - colhereiro límnic, e grupo 2 - colhereiro estuarino). As presas usadas em cada modelo foram selecionadas a partir dos dados de dieta obtidos com os métodos tradicionais, ou das estratégias de forrageamento de cada espécie, colhereiro predador tátil e garça-branca-grande predador visual. Além disso, realizou-se inspeção visual dos gráficos, a fim de obter um modelo que incluísse as fontes com maior contribuição. Foram incluídos nos modelos os valores isotópicos de presas provenientes dos vários ambientes comuns na região, i.e. áreas agrícolas, lagoas límnicas, campos inundados e estuário. As fontes indicativas de presas provenientes de habitats ao redor das áreas de estudo foram agrupadas por espécie e local (Tabela 2). Presas com valores isotópicos semelhantes e/ou representativas de guildas semelhantes foram agrupadas, conforme Phillips & Gregg (2003). As fontes que representaram contribuição importante nos modelos de mistura isotópico e/ou com menor intervalo de credibilidade (IC) foram retidas. Valores de fontes foram obtidos da literatura, como

Oligosarcus robustus Menezes, 1969 (Silva-Costa & Bugoni, 2013) ($\delta^{13}\text{C} = -22,7 \pm 0,55 \text{‰}$ e $\delta^{15}\text{N} = 12,6 \pm 0,92\text{‰}$) e perifíton (Rodrigues, 2009) ($\delta^{13}\text{C} = -24,7\text{‰}$ e $\delta^{15}\text{N} = 5,23\text{‰}$) (Tabela 2). O anfíbio *Pseudis minuta* Günther, 1858 é uma espécie abundante na região que apresenta uma morfologia adaptada ao meio aquático (Huckembeck et al., 2012), e é, portanto, uma provável presa para garças-branca-grande devido sua tática alimentar. O mesmo ocorre com perifíton que é importante fonte de carbono para sustentar a estrutura trófica (Rodrigues, 2009), e potencialmente ingerido pelos colhereiros, devido a sua técnica de forrageio tátil (Tabela 2).

Os valores de discriminação isotópica predador-presa usados no modelo foram $\Delta^{13}\text{C} = 0,46 \pm 0$ e $\Delta^{15}\text{N} = 1,86 \pm 0$ (Cherel et al., 2005), o qual indica a mudança esperada nos valores de cada isótopo a cada nível trófico. Foram testados alguns modelos para os valores de discriminação isotópica, revisados por Hahn et al. (2012), como o usado por Silva-Costa & Bugoni (2013) na dieta do gaivotão, *Larus dominicanus* Lichtenstein, 1823, que é uma espécie da região com dieta onívora generalista, portanto semelhante à dieta de garças e colhereiros. No entanto, o melhor modelo obtido, ou seja, com menor intervalo de credibilidade (IC), foram os valores de discriminação isotópicos provenientes de pinguins-de-penacho-amarelo, *Eudyptes chrysocome* (Forster, 1781) (Cherel et al., 2005) e, portanto, foram usados estes valores.

Resultados

Dieta

Foram identificadas 320 presas de *A. alba* no estuário da Lagoa dos Patos (média = 14,5 presas por amostra), enquanto em ambiente límnico foram detectadas 154 presas (média = 11,8 presas, Tabela 1). Para *P. ajaja* estuarino foram encontradas 823 presas (média = 54,9 presas), enquanto em ambiente límnico foram encontradas 587 presas (média = 41,9 presas, Tabela 1). Dentre as presas encontradas na dieta de *A. alba* no estuário predominaram os peixes (199), seguido por insetos (88), e crustáceos (21). No ambiente límnico predominaram na dieta de *A. alba*, em número, os insetos (94), seguido pelos peixes (53). Moluscos e sementes/vegetação também

estiveram presentes na dieta de *A. alba*, porém foram pouco abundantes. Na dieta de *P. ajaja* estuarino predominaram em número os insetos (479), seguido pelos peixes (149), 137 itens de vegetação, 37 moluscos, e crustáceos (21). No ambiente límnico predominaram os peixes (292), seguido por insetos (259). Crustáceos, moluscos e vegetação, incluindo sementes de arroz, também estiveram presentes (Tabela 1).

A dieta dos filhotes de *A. alba* na colônia localizada no estuário foi composta, em (PSIRI%) predominantemente por peixes (53,3%), seguido de crustáceos (30,8%) e insetos (13,9%). Os itens de maior biomassa foram os peixes, com $M = 75,1\%$, seguido de crustáceos (23,4%) e insetos (1,0%). Utilizando-se todos os parâmetros em conjunto fica evidente que a dieta de *A. alba* no estuário foi predominantemente piscívora (Fig. 2). Já no ambiente límnico *A. alba* apresentou dieta composta predominantemente por insetos, com PSIRI = 58,9%, seguido de peixes 27,9% e crustáceos 8,5%. Os peixes apresentaram $M = 75,7\%$ e os insetos = 4,0%, devido ao pequeno tamanho individual de cada presa, enquanto os crustáceos contribuíram com 20,2%. Desta forma, a dieta de *A. alba* no ambiente límnico caracteriza-se por possuir uma contribuição energética, representada pela biomassa, também predominantemente piscívora, embora outros itens, como os insetos, estejam bastante representados, i.e. elevado número, frequência e PSIRI% (Fig. 2).

A dieta dos filhotes de *P. ajaja* no estuário teve PSIRI% dos insetos de 47,2%, seguido dos crustáceos (30,4%) e peixes (12,6%). Os peixes e os insetos estiveram presentes (FO%) em 100% das amostras. Crustáceos apresentaram a maior biomassa (59,1%), seguido de insetos de (17,4%) e peixes (9,6%). A vegetação, representada pelas sementes, teve PSIRI = 7,2% e FO = 80,0% (Fig. 3). Portanto, *P. ajaja* alimenta-se de diferentes presas, possuindo uma contribuição energética (M%) importante de crustáceos, embora com muitos e frequentes insetos de pequeno tamanho. No ambiente límnico *P. ajaja* apresentou uma dieta composta por peixes (PSIRI = 19,8%) e biomassa total de 29,4%. Insetos foi o item alimentar com maior PSIRI (59,9%), FO = 100% e biomassa de 26,1%. Crustáceos apresentaram uma contribuição de biomassa superior aos demais itens ($M = 35,8\%$, e PSIRI = 11,0%). A vegetação representada pelas sementes teve FO de 57,1% e PSIRI = 6,0%. Em ambiente límnico, *P. ajaja* também utilizou diferentes presas na sua alimentação. (Fig. 3).

Sobreposição de nicho trófico

A sobreposição na dieta entre as espécies e locais variou de 14% a 81% (Tabela 3). Surpreendentemente, a maior sobreposição na dieta foi encontrada entre *P. ajaja* do estuário e *A. alba* do ambiente límnico (81%), e a menor (14%), entre *P. ajaja* do ambiente límnico e *A. alba* do estuário. Sobreposições elevadas foram também encontradas entre as dietas de *A. alba* estuarina em comparação com *A. alba* em ambiente límnico, cuja sobreposição foi de 65%, indicando que presas límnicas também estão presentes na dieta de garças que reproduzem no estuário. Elevada sobreposição no nicho trófico (77%) também foi determinada entre *P. ajaja* e *A. alba* no ambiente límnico (Tabela 3).

Isótopos estáveis

Os valores médios de isótopos estáveis no sangue dos filhotes de colhereiros estuarinos foram $\delta^{15}\text{N} = 8,1 \pm 0,4\text{‰}$, e $\delta^{13}\text{C} = -25,4 \pm 1,5\text{‰}$ (n = 14), e límnico $\delta^{15}\text{N} = 9,4 \pm 1,3\text{‰}$, e $\delta^{13}\text{C} = -24,8 \pm 1,4\text{‰}$ (n = 16) (Fig. 4). Para *A. alba* os valores médios no ambiente límnico foram $\delta^{15}\text{N} = 8,0 \pm 0,9\text{‰}$ e $\delta^{13}\text{C} = -24,9 \pm 2,8\text{‰}$ (n = 16), e no estuário $\delta^{15}\text{N} = 10,0 \pm 1,7\text{‰}$, e $\delta^{13}\text{C} = -22,2 \pm 3,3\text{‰}$ (n = 18) (Fig. 4). O modelo linear generalizado com melhor ajuste (menor AIC) para os valores de $\delta^{15}\text{N}$ é representado pela eq. 5:

$$\delta^{15}\text{N} \sim \text{Espécie} + \text{Local} + \text{Espécie} * \text{Local} + \text{Tarso} * \text{Local} \quad (\text{eq. 5})$$

Este modelo demonstrou que as espécies diferiram nos valores de $\delta^{15}\text{N}$, assim como foi detectada interação entre espécie e local, havendo ainda a influência do tamanho do filhote (indicado pelo comprimento do tarso) e da interação entre local e tamanho do tarso (Tabela 4). A ausência de significância da variável Local, mas sua significância quando em interação com Espécie e Tarso, sugere que há diferença nos valores de $\delta^{15}\text{N}$ entre os locais dependendo da espécie a ser analisada, bem como há influência do tamanho do filhote dependendo do local considerado. O modelo ajustado para $\delta^{15}\text{N}$ com as variáveis acima explicou 44% da variação nos dados (Tabela 4). A ANOVA do modelo indicou como significativas e com elevado poder de explicação a interação Local:Espécie (explicação de 26,0%), entre Local:Tarso

(6,4%), e a variável Tarso isolada (9,2%). Este último resultado indica que à medida que as aves crescem passam a ingerir presas com maiores valores de $\delta^{15}\text{N}$.

O modelo com melhor ajuste para os dados de $\delta^{13}\text{C}$ selecionou apenas as variáveis Espécie, Local e a interação entre estas duas variáveis (Tabela 5), conforme eq. 6:

$$\delta^{13}\text{C} \sim \text{Espécie} + \text{Local} + \text{Espécie} * \text{Local} \quad (\text{eq. 6})$$

Este modelo teve um desempenho limitado, e explicou apenas 22% da variância nos valores de $\delta^{13}\text{C}$, i.e. a metade da explicabilidade obtida com o modelo de $\delta^{15}\text{N}$ (Tabela 5). A ANOVA dos resíduos do modelo indicou como significativas as variáveis Espécie e a interação Espécie:Local. Semelhante ao resultado obtido para o modelo de $\delta^{15}\text{N}$, a variável Local não foi significativa. A significância da variável espécie, da interação, mas não do Local, demonstra que dependendo do local onde está localizada a colônia, a espécie pode mudar a alimentação dos filhotes (*A. alba*), ou continuar com a mesma alimentação límnicna nos dois ambientes (*P. ajaja*).

Na análise de modelos bayesianos de mistura isotópico, para *P. ajaja*, foram escolhidos os seguintes fontes, a partir de seu comportamento alimentar tátil e das presas detectadas na dieta: dois peixes (*J. multidentata* e *Astyanax eigenmanniorum* (Cope, 1894)) ambos de ambiente límnicno, o crustáceo estuarino *Callinectes* sp., o camarão límnicno *Palaemonetes argentinus* Nobili, 1901, e microorganismos autótrofos, na base da cadeia trófica límnicna (perifíton) (Fig. 5). Estas fontes alimentares tiveram o melhor ajuste ao modelo de mistura, após várias tentativas de modelos com diferentes fontes.

As presas de ambiente límnicno mostraram-se importantes fontes alimentares para os colhereiros que reproduzem-se em ambiente límnicno: peixes límnicnos apresentaram intervalos de credibilidade (IC 95%) para *J. multidentata* (IC = 0,5% a 45,0%) e *A. eigenmanniorum* (0,5% a 46,0%) (Fig. 6). Consumidores primários como *P. argentinus* apresentaram IC entre 0,1% e 45,0% e produtores primários, como o perifíton, tiveram IC entre 0,1% e 36,0%. *Callinectes* sp., a única presa tipicamente estuarina, apresentou o menor IC (0,7% a 20,0%). Entretanto, *P. ajaja* estuarino apresentou intervalos de credibilidade (IC) em relação aos peixes de 0,2% a 15,0% para *J. multidentata* e de 12,0% a 48,0% para *A. eigennanniorum*. O camarão *P. argentinus* teve IC entre 0,5% e 30,0%, enquanto os produtores primários –

perifíton – o IC ficou entre 34,0% e 62,0%. *Callinectes* sp. a única presa estuarina incluída no modelo, novamente apresentou o menor IC (1,7% a 11,0%). Observa-se que *P. ajaja*, mesmo reproduzindo-se em ambiente estuarino, apresenta maior contribuição por fontes proveniente de ambiente límnico (Fig. 6), semelhante aos resultados da análise do GLM e da dieta acima.

As presas de *A. alba* foram selecionadas devido ao seu tipo de comportamento alimentar, ou seja, predadores visuais. O modelo de mistura incluiu um inseto límnico (Belostomatidae), o crustáceo estuarino *Callinectes* sp., o anfíbio límnico *Pseudis minuta* Günther, 1858, e dois peixes límnicos (*J. multidentata* e *O. robustus*) (Fig. 7). Para *A. alba* amostradas em ambiente límnico, o IC para peixes - *J. multidentata* foi entre 0,2% e 17,0% e *O. robustus* foi entre 0,1% e 8,8%. *Callinectes* sp. apresentou IC entre 0,3% e 21,0%, o anfíbio *P. minuta* teve IC entre 0,5% e 67,0%, enquanto o inseto Belostomatidae teve IC entre 21,0% e 72,0% (Fig. 8). Observa-se, desta forma, uma tendência em alimentar-se de presas com assinatura isotópica semelhante a insetos e anfíbios, embora peixes como *J. multidentata* (límnico) e o crustáceo *Callinectes* sp. (estuarino) também tenham contribuído na alimentação de *A. alba* límnico. Assim, ambos os ambientes, límnico e estuarino, são utilizados para a alimentação. No entanto, os filhotes de *A. alba* amostrados no estuário tiveram intervalo de credibilidade para os peixes *J. multidentata* de 1,1% a 39,0% e do peixe *O. robustus* entre 1,3% e 30,0%. *Callinectes* sp. apresentou IC entre 9,3% e 41,0%, *P. minuta* teve IC entre 2,1% e 43,0% e Belostomatidae teve IC entre 2,0% e 36,0%. Neste grupo observa-se uma dieta mais variada que na garça límnicas, com proporção similar entre as fontes usadas no modelo, em ambos os ambientes, não apresentando um padrão por ambiente límnico ou estuarino para a alimentação (Fig. 8).

Discussão

A dieta de *P. ajaja* e *A. alba*, em relação ao tipo de presa, nível trófico das presas e habitat onde alimentam-se, podem ser explicados a partir da técnica de forrageamento de cada espécie. Quando considera-se o número de presas e o nível trófico das presas ingeridas por *P. ajaja* verifica-se um número de presas por amostra 4 a 6 vezes superior a *A. alba*, porém de nível trófico diferente, como os insetos e produtores primários, em ambos os ambientes (estuarino e límnico). Isso se deve ao

tipo de tática alimentar dos colhereiros, predador tátil de águas rasas (Matheu & del Hoyo, 1992; Dumas, 2000; Teixeira & Nacinovic, 2003). As várias espécies de colhereiros utilizam da técnica de forragear com o bico imerso na água, Tateando enquanto caminha, balançando a cabeça com o bico ligeiramente aberto, de um lado para outro, em movimentos semicirculares e fechando-o quando entra em contato com a presa (Dumas, 2000; Teixeira & Nacinovic, 2003). Desta forma, o tipo de tática alimentar, descrita em outros estudos, sugere que o modelo trófico deveria apresentar fontes da base da cadeia trófica, como de fato foi encontrado no modelo de mistura bayesiano. Embora tenha sido incluído perifíton como representante da base da cadeia alimentar não é possível excluir a possibilidade de que peixes que se alimentam de perifíton, microalgas planctônicas, macrófitas do tipo C₃ ou matéria orgânica vegetal em decomposição, sejam as fontes reais na dieta da espécie. Por outro lado, *A. alba* possui tática alimentar de predador visual, contribuindo para o baixo número de presas ingeridas, porém de nível trófico superior. Com a técnica de capturar suas presas visualmente com golpes, que são um ataque rápido para baixo ou com movimentos laterais (Kushlan & Hancock, 2005; Beltzer & Quiroga, 2007). Entretanto, *A. alba* apresentou variação em relação ao nível trófico das presas ingeridas, com predomínio três vezes maior de peixes do que insetos no estuário, em comparação com o ambiente límnico. A alteração da dieta, de peixes para insetos, pode ser justificada quando há elevada disponibilidade destas presas de baixo conteúdo energético individual, como ocorreu quando a elevada densidade de insetos na superfície da água do mar causou mudança na dieta de *Sterna hirundo* Linnaeus, 1758, no sul do Brasil, em um estudo realizado por Bugoni & Vooren (2004). Além disso, durante seu período reprodutivo, *A. alba* pode selecionar presas de menor tamanho, já que durante as fases iniciais de desenvolvimento seus filhotes não possuem tamanho corporal adequado para ingerir presas grandes (Martínez-Vilalta & Motis, 1992). Deste modo, *A. alba* estuarina apresentou valores de $\delta^{15}\text{N}$ mais elevados que as demais espécies/ambientes, conforme demonstrado através do GLM. Embora exista na região uma tendência de encontrar-se valores de $\delta^{15}\text{N}$ mais elevados nos peixes de água doce comparado aos estuarinos, considerando o fato de que não foram extraídos lipídios no estudo de Garcia et al. (2007), essa tendência não foi observada para *A. alba*. Entretanto *P. ajaja* apresentou valores de $\delta^{15}\text{N}$ mais elevados na colônia límnica do que no estuário, seguindo o padrão dos peixes. Portanto, a alteração no tamanho da presa à medida que o filhote cresce, pode ter

ocasionado a alteração nos valores de $\delta^{15}\text{N}$. A alteração da dieta no ambiente límnico pode ser explicada de duas formas: pela densidade de insetos nesse ambiente ou, alternativamente, pela mudança no tamanho das presas à medida que o filhote cresce. Insetos foi um item alimentar importante na dieta, confirmado pelos isótopos estáveis em *A. alba* no ambiente límnico.

Devido à impossibilidade de padronização dos métodos e o esforço amostral entre as espécies e locais, fez-se necessário o agrupamento de diferentes métodos. Desta forma, diferentes métodos foram utilizados para avaliar a dieta (regurgitados, pellets, lavagem estomacal e conteúdo gastrointestinal) reduzindo a possibilidade de resultados tendenciosos, ao analisar-se presas contendo diferenças grandes no grau de digestão. Por outro lado, embora o número de amostras obtido por cada método tenha diferido, alguns métodos são equivalentes, por exemplo regurgitados espontâneos, conteúdo estomacal de filhotes mortos e lavagem estomacal. Todos estes três métodos fornecem presas parcialmente digeridas. Com a utilização de diversos métodos, verificou-se que o número de itens alimentares de *P. ajaja* não identificados foi menor do que na dieta de *A. alba*. O alto número de peixes não identificados na amostra de *A. alba* límnica pode ser explicado porque os otólitos de peixes de água doce são menores e mais frágeis comparados aos de peixes marinhos e estuarinos (Silva-Costa & Bugoni, 2013) e esta espécie teve alimentação predominantemente piscívora. A avaliação da dieta com mais de um método auxiliou na reconstituição da dieta, fornecendo uma visão mais realista da dieta das espécies, semelhante a outros estudos (Harris & Wanless, 1993; Seefelt & Gillingham, 2006). Os métodos tradicionais para estudo da dieta, quando utilizados separadamente, podem superestimar determinados tipos de presa com partes duras indigeríveis, em detrimento de outras facilmente digeríveis ou parcialmente digeridas, embora sejam úteis por determinar as espécies consumidas (Duffy & Jackson, 1986; Hobson et al., 1994; González-Solís et al., 1997; Bearhop et al., 1999; Bugoni & Vooren, 2004; Barret et al., 2007; Cherel et al., 2007). Os isótopos estáveis, por outro lado, também contribuíram para o entendimento da ecologia alimentar das espécies, ao informar os grupos de presas que foram efetivamente assimiladas pelos filhotes de garça e colhereiro, complementando assim os métodos de estudo de dieta tradicionais. A lavagem estomacal foi o método mais invasivo, sendo necessário para seu sucesso que a ave tenha conteúdo no trato digestório e estrutura do trato digestório compatível com o método. Aparentemente o longo pescoço das garças e colhereiros

dificulta o uso da técnica. Todos os métodos apresentam algum tipo de limitação no estudo da dieta, e assim a utilização de um conjunto de metodologias complementares auxiliou na reconstituição mais detalhada da dieta de colhereiro e garça.

Ao avaliarmos o tipo de peixe consumido por *P. ajaja* e *A. alba*, pode-se inferir o deslocamento dos adultos à procura de alimento. No ambiente estuarino os peixes encontrados na dieta de *A. alba* e *P. ajaja*, como *O. argentinensis* (Valenciennes, 1835), *J. multidentata*, *Mugil* sp., *M. furnieri* e *Pomatomus saltatrix* (Linnaeus, 1766) toleram variações na salinidade e são encontrados, na região estuarina e límnic da Lagoa dos Patos (Vieira et al., 2010; Fischer et al., 2011). Nos ambientes próximos à colônia límnic predominam pequenos peixes, entre 25 e 50 mm de comprimento, como *J. multidentata*, e peixes de maior porte entre 150 e 200 mm de comprimento, por exemplo *Oligosarcus jenynsii* (Günther, 1864), *Cyphocharax voga* (Hensel, 1870), *Odontesthes perugiae* Evermann & Kendall, 1906 e *A. fasciatus* (Cuvier, 1819), espécies que são encontrados nas lagoas Mangueira, Flores, Jacaré e Nicola (Garcia et al., 2006; Artioli et al., 2009). Desse modo, valores de $\delta^{13}\text{C}$ encontrado no sangue dos filhotes de *P. ajaja* são semelhantes em ambos os locais, característica de alimentação restrita ao ambiente límnic, haja vista que áreas límnicas são encontradas na própria ilha dos Marinheiros e na parte continental, a cerca de 3 km do estuário. No ambiente límnic *P. ajaja* desloca-se para lagoas ou áreas próximas à colônia para forragear. As sementes de arroz encontradas na dieta indicam também a utilização de áreas agrícolas, localizadas a pelo menos 10 km da colônia límnic. As garças deslocam-se para áreas de forrageamento dentro de uma distância que pode ultrapassar 10 km dos ninhos (Kelly et al., 2008). Deslocamentos mais longos podem ser registrado para *A. alba*, que distancia-se até 27,8 km da colônia (Custer & Osborn, 1978). A alimentação de *A. alba* parece ter ocorrido próximo à colônia, indicado pelos valores de $\delta^{13}\text{C}$, que diferiram entre os ambientes demonstrado através de GLM. Porém, os modelos de mistura bayesianos sugerem que deslocamentos mais longos ocorrem com alguns indivíduos de *A. alba* amostrados no ambiente límnic, possuindo assinatura isotópica característica de ambiente marinho/estuarino. A praia marinha mais próxima à colônia encontra-se a cerca de 15 km de distância, sugerindo que alguns indivíduos buscam alimento para os filhotes neste local e não no estuário, que localiza-se a 56 km de distância. Estudos com rastreamento são importantes para

elucidar esta questão, embora existam evidências de que outras aves aquáticas, como o gaivotão *L. dominicanus*, utilizam e deslocam-se com frequência entre os ambientes marinhos e límnicos próximos, neste mesmo local de estudo (Silva-Costa & Bugoni, 2013). As espécies de peixes encontrados nas lagoas próximas ao ninhal localizado no Taim e ao ninhal localizado no estuário da Lagoa dos Patos (Garcia et al., 2006; Artioli et al., 2009) evidenciam que estes são, portanto, locais que possivelmente as aves utilizaram para forrageamento, por estarem dentro do raio possível para alimentação das aves provenientes das duas colônias.

Ao utilizarem áreas ao redor das colônias para alimentação *A. alba* e *P. ajaja* podem alimentar-se de presas semelhantes. Quando ocorrem em simpatria em ambiente límnicas as duas espécies podem utilizar-se dos mesmos recursos, ou de presas distintas, mas com valores isotópicos semelhantes. Por outro lado, em ambiente estuarino essa semelhança nas presas entre *A. alba* e *P. ajaja* diminui consideravelmente devido à mudança na dieta de *A. alba*, que passa a utilizar presas estuarinas. Os dados da dieta e o habitat de alimentação corroboram a baixa sobreposição de nicho trófico entre as espécies no estuário. Embora a contribuição numérica das presas sugira que há uma sobreposição de nicho trófico na dieta no ambiente límnicas, caso esta ocorra possivelmente é reduzida, e restrita ao período logo após a eclosão dos ovos, quando os filhotes precisam ser alimentados de presas de pequeno tamanho.

No sul do Brasil *P. ajaja* apresentou uma dieta mista, predominantemente carnívora em ambos os ambientes (límnicas e estuarino), contendo peixes, insetos, crustáceos e moluscos, além de sementes. Embora as espécies de colhereiros sejam preferencialmente carnívoras, usualmente incluem na dieta vegetação com plantas aquáticas, frutas, brotos e rizomas (Matheu & del Hoyo, 1992). Alimentam-se também em águas rasas com variação de salinidade, desde áreas hipersalinas, marinhas, salobras e habitats de água doce, incluindo baías costeiras, estuários, lagoas, pântanos, prados úmidos, brejos e também marismas, nas planícies da América do Sul (Dumas, 2000). Outros estudos apresentaram similaridade na composição da dieta e comportamento dos colhereiros, apesar de não ter sido detectada alimentação estuarina relatada em estudos anteriores (Weller, 1999; Dumas, 2000; Teixeira & Nacinovic, 2003). Apesar das presas serem semelhantes, diverge deste estudo *P. leucorodia* Linnaeus, 1758, na Maurítânia, que se reproduz e se alimenta de presas estuarinas (Veen et al., 2012). O forrageamento de *Mycteria*

americana Linnaeus, 1758, analisado através de isótopos e regurgitados, assemelha-se ao de *P. ajaja*, já que ambas têm preferência por presas de água doce para a alimentação dos filhotes, ainda que reproduzam-se em estuários (Romanek et al., 2000). Desse modo, os modelos de mistura bayesianos também confirmam as presas límnicas, como encontradas na dieta e isótopos estáveis, porém sugerem ainda que alimentos da base da cadeia trófica, como perifíton ou outras fontes com valores isotópicos semelhantes, têm contribuído na alimentação dos colhereiros. Este último componente da dieta não foi detectado através dos métodos convencionais, embora uma assinatura equivalente poderia ser encontrada em peixes pequenos que se alimentam de microalgas. Os peixes usados no modelo, *A. eigenmanniorum* e *J. multidentata*, que alimentam-se de insetos, pequenos crustáceos e vegetação (Corrêa et al., 2010; Fischer et al., 2011) e estão, portanto, próximo à base da cadeia alimentar, poderiam ser responsáveis por este resultado. Essa contribuição de organismos da base da cadeia trófica pode ser explicada também comparando a alimentação filtradora dos flamingos, que se alimentam filtrando na coluna d'água e ao longo da superfície bêntica, ingerindo microorganismos. Esse consumo ainda pode ser confirmado pela morte dessa espécie por cianobactérias tóxicas (Bildstein et al., 1991; Krienitz et al., 2003; Lugomela et al., 2006). No entanto, mais estudos são necessários para confirmar se os microorganismos são de fato importantes na dieta de *P. ajaja*. De modo geral há elevada congruência entre os resultados dos modelos de misturas bayesianos, do GLM com os dados de isótopos estáveis, e dados da dieta, indicando o uso de presas límnicas (peixes, insetos e crustáceos) e de base da cadeia trófica por *P. ajaja*.

Os dados de dieta de *A. alba* comprovam que a espécie é predominantemente piscívora, embora insetos e crustáceos apresentaram uma contribuição importante, em ambos os ambientes. Como predadores carnívoros, as garças normalmente alimentam-se de presas aquáticas vivas (Martínez-Vilalta & Motis, 1992). Outros estudos similares com *A. alba* também indicam uma dieta composta pelos mesmos táxons (peixes, crustáceos, insetos e vegetação) (Beltzer & Oliveros, 1981; Figueroa & Stappung, 2003; Brzorad et al., 2004; Pretelli et al., 2012). Predador oportunista também alimenta-se de anfíbios, répteis, aves e pequenos mamíferos (Martínez-Vilalta & Motis, 1992; Weller, 1999; McCrimmon, 2001). Outras espécies de garças também apresentaram dieta semelhante, por exemplo, a dieta de *E. caerulea* no estuário da Lagoa dos Patos, que é composta por peixes e crustáceos (Gianuca et al.,

2012) enquanto na dieta de *Ardea cocoi* Linnaeus, 1766 adultos, na Argentina, os mesmos táxons estão presentes, além de mamíferos e anfíbios (Ducommun & Beltzer, 2010). A fim de diminuir o gasto de energia na alimentação dos filhotes *A. alba* não apresenta uma preferência clara por habitat, alimentando-se ao redor da colônia (Maccarone et al., 2010; Gimenes & Anjos, 2011). Portanto, o modelo de mistura bayesiano confirma a importância de *Callinectes* sp. ou outras fontes com assinatura estuarina na dieta de *A. alba* que se reproduz no estuário. Por outro lado, para *A. alba* límnicas as fontes com assinatura semelhantes a de anfíbio e de insetos foram importantes, confirmado pela importância dos insetos no ambiente límnic. Por ser um predador oportunista há possibilidade de anfíbios, incluindo *P. minuta*, serem predados, mesmo não sendo detectado na dieta convencional. Segundo Huckembeck et al. (2012) *P. minuta* é uma espécie abundante na região sul e que apresenta uma morfologia adaptada ao meio aquático e está associada à vegetação aquática. Desse modo, o modelo de mistura bayesiano e a análise do GLM, ambos baseados nos valores de isótopos estáveis, corroboram com os dados da dieta.

Em conclusão, considerando todos os métodos usados e os resultados encontrados, conclui-se que *A. alba* utilizou as áreas ao redor da colônia para alimentar-se, não apresentando preferência por habitat. Porém, como predadora visual, apresentou uma alimentação composta por peixes, seguido de insetos e crustáceos. Ao utilizar presas de pequeno porte logo após o nascimento dos filhotes, *A. alba* em ambiente límnic pode ter sobreposição do nicho trófico com *P. ajaja*. Por outro lado, *P. ajaja* apresentou uma dieta restrita a presas límnicas, independente do local de reprodução. Como um predador tátil, não parece selecionar o alimento, utilizando presas de base da cadeia trófica, como sementes e, possivelmente, perifíton, mas com dieta predominantemente composta por peixes, insetos e crustáceos.

Agradecimentos

Agradecemos aos diversos colegas e técnicos que ajudaram no campo e trabalhos em laboratório, em especial ao Proprietário e gerente da Fazenda das Flores, aos auxiliares de campo Fernanda Marques, Paloma Carvalho, Patrícia Mancini, Luciano Fischer, Augusto Costa, Leonardo Furlanetto, Cindy Barreto, Fernando Faria, Giovanni Mauricio, Rayanne Brum, Guilherme Nunes, Dimas Gianuca, Cícero Faria, Suzana Martins, Adriano Miranda e Felipe Neves. Pela ajuda na identificação dos

itens alimentares agradecemos a Fabiano Corrêa (IO-FURG), Dr. Edélti Albertoni (ICB-FURG), Dr. Sônia Hefler (ICB-FURG), Marcio Freire (IO-FURG), Caroline Igansi (ICB-FURG), Dr. Roberta Barutot (IO-FURG), Katiele Dummel (IO-FURG), Cristiane Bólico (IO-FURG), Bruna Sassi (IO-FURG) e Sônia Huckembeck (IO-FURG). O CEMAVE/ICMBio forneceu as anilhas metálicas e autorização de captura e anilhamento e o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio autorizou a realização da pesquisa (Nr. 29998-2). À ESEC TAIM/ICMBio agradecemos o apoio logístico para as atividades em campo. Ao Dr. André de Mendonça Lima e Dr. Alexandre Miranda Garcia pela revisão do manuscrito e sugestões. A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES) forneceu bolsa de mestrado a V.O. Britto. L. Bugoni é bolsista de produtividade CNPq Nr. 308697/2012-0.

Referências

- Artioli, L. G. S., J. P. Vieira, A. M. Garcia & M. A. Bemvenuti, 2009. Distribuição, dominância e estrutura de tamanho da assembleia de peixes da lagoa Mangueira, sul do Brasil. *Iheringia, Série Zoologia* 99: 409-418.
- Asmus, M. L., 1998. A planície costeira e a Lagoa dos Patos. In Seeliger, U., C. Odebrecht & J. P. Castello (eds) *Os ecossistemas costeiro e marinho do extremo sul do Brasil*. Editora Ecoscientia. Rio Grande.
- Auman, H. J., A. L. Bond, C. E. Meathrel & A. M. M. Richardson, 2011. Urbanization of the Silver Gull: evidence of anthropogenic feeding regimes from stable isotope analyses. *Waterbirds* 34: 70-76.
- Barrett, R. T., K. C. J. Camphuysen, T. Anker-Nilssen, J. W. Chardine, R. W. Furness, S. Garthe, O. Hüppop & M. F. Leopold, 2007. Diet studies of seabirds: a review and recommendations. *ICES Journal of Marine Science* 64: 1675-1691.
- Bearhop, S., D. R. Thompson, S. Waldron, I. C. Russell, G. Alexander & R. W. Furness, 1999. Stable isotopes indicate the extent of freshwater feeding by cormorants *Phalacrocorax carbo* shot at inland fisheries in England. *Journal of Applied Ecology* 36: 75-84.
- Bearhop, S., D. R. Thompson, R. A. Phillips, S. Waldron, K. C. Hamer, C. M. Gray, S. C. Votier, B. P. Ross & R. W. Furness, 2001. Annual variation in Great Skua

- diets: the importance of commercial fisheries and predation on seabirds revealed by combining dietary analyses. *Condor* 103: 802-809.
- Bearhop, S., S. Waldron, S. C. Votier & R. W. Furness, 2002. Factors that influence assimilation rates and fractionation of nitrogen and carbon stable isotopes in avian blood and feathers. *Physiological and Biochemical Zoology* 75: 451-458.
- Bearhop, S., C. E. Adams, S. Waldron, R. A. Fuller & H. MacLeod, 2004. Determining trophic niche width: a novel approach using stable isotope analysis. *Journal of Animal Ecology* 73: 1007-1012.
- Beltzer, A. & O. B. Oliveros, 1981. Alimentación de aves en el Valle aluvial del Río Paraná medio II. *Egretta alba egretta* (Gmelin, 1798) y *Egretta thula thula* (Molina, 1782) (Ciconiiformes: Ardeidae). *Ecología Argentina* 6: 119-124.
- Beltzer, H. A. & M. Quiroga, 2007. Birds. In Iriondo, M. H., J. C. Paggi, & M. J. Parma (eds). *The Middle Paraná River: limnology of a subtropical wetland*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- Beltzer, A. H, M. A. Quiroga & J. A. Schnack, 2005. Algunas ardeidas del valle de inundación del río Paraná: consideraciones sobre el nicho ecológico y mecanismos de aislamientos. In Aceñolaza, F. G. (ed) *Temas de la biodiversidad del litoral fluvial argentino II*. Miscelane 14, ISUGEO, Tucumán, p. 499-526.
- Bildstein, K., P. C. Frederick & M. G. Spalding, 1991. Feeding patterns and aggressive behavior in juvenile and adult American Flamingos. *Condor* 93: 916-925.
- Bond, A. L. & K. A. Hobson, 2012. Reporting stable-isotope ratios in ecology: recommended terminology, guidelines and best practices. *Waterbirds* 35: 324-331.
- Bond, A. L. & I. L. Jones, 2009. A practical introduction to stable-isotope analysis for seabird biologists: approaches, cautions and caveats. *Marine Ornithology* 37: 183-188.
- Borror, J. D. & D. M. Long. 1969. *Introdução ao estudo dos insetos*. Edgard Blücher, São Paulo.
- Brown, S. C., J. J. Bizzarro, G. M. Cailliet & D. A. Ebert, 2012. Breaking with tradition: redefining measures for diet description with a case study of the Aleutian Skate *Bathyraja aleutica* (Gilbert 1896). *Environmental Biology of Fishes* 95: 3-20.

- Brzorad, J. N., A. D. Maccarone & K. J. Conley, 2004. Foraging energetics of Great Egrets and Snowy Egrets. *Journal of Field Ornithology* 75: 266-280.
- Buckup, L. & G. Bond-Buckup, 1999. Os crustáceos do Rio Grande do Sul. Editora Universidade – UFRGS, Porto Alegre.
- Bugoni, L. & C. M. Vooren, 2004. Feeding ecology of the Common Tern *Sterna hirundo* in a wintering area in southern Brazil. *Ibis* 146: 438-453.
- Burger, M. I., 2000. Situação e ações prioritárias para conservação de banhados e áreas úmidas da Zona Costeira. <http://www.unisinios.br/nupe/arquivos/banhados.pdf>. Acesso em 13/05/2011.
- Cherel, Y., K. A. Hobson & S. Hassani, 2005. Isotopic discrimination between food and blood and feathers of captive penguins: implications for dietary studies in the wild. *Physiological and Biochemical Zoology* 78: 106-115.
- Cherel, Y., K. A. Hobson, C. Guinet & C. Vanpe, 2007. Stable isotopes document seasonal changes in trophic niches and winter foraging individual specialization in diving predators from the Southern Ocean. *Journal of Animal Ecology* 76: 826-836.
- Comín, F. A. & S. H. Hurlbert, 2012. Preface: perspectives on progress in ornitholimnology. *Hydrobiologia* 697: 1-4.
- Corrêa, F., M. C. Claudino & A. M. Garcia, 2010. Guia fotográfico e aspectos da biologia dos principais peixes de água doce do Parque Nacional da Lagoa do Peixe, RS. *Cadernos de Ecologia Aquática* 5: 28-43.
- Custer, T. W. & R. G. Osborn, 1978. Feeding habitat use by colonially-breeding herons, egrets, and ibises in North Carolina. *Auk* 95: 733-743.
- D’Incao, F. & D. K. Calazans, 1978. Relações biométricas do “Camarão-rosa” *Penaeus paulensis* Perez Farfante, 1967, na Lagoa dos Patos, RS, Brasil. *Atlântica* 3: 57-66.
- Diamond, A.W, 1983. Feeding overlap in some tropical and temperate seabird communities. *Stud Avian Biology* 8: 24-46.
- Ducommun, M. P. & A. H. Beltzer, 2010. Feeding ecology of Cocoi Heron (*Ardea cocoi*) in the flood valley of the Paraná River. *Avian Biology Research* 3: 115-121.
- Duffy, D. C. & S. Jackson, 1896. Diet studies of seabirds: a review of methods *Waterbirds* 9: 1-17.

- Dumas, J. V., 2000. Roseate Spoonbill (*Platalea ajaja*). In Poole, A. (ed). The birds of North America online, Ithaca: Cornell Lab of Ornithology, Retrieved from the birds of North America. <http://bna.birds.cornell.edu/bna/species/490>. Acesso em 15/05/2011.
- Figueroa, R. A. & E. S. C. Stappung, 2003. Food of breeding Great White Egrets in an agricultural area of Southern Chile. *Waterbirds* 26: 370-375.
- Fischer, L. G., L. E. D. Pereira & J. P. Vieira, 2011. Peixes estuarinos e costeiros. 2^a Ed. Rio Grande.
- Frederick, P. C., 2002. Wading birds in the marine environment. In Schreiber, E. A. & J. Burger (eds). *Biology of marine birds*. CRC Press, Boca Raton, p. 618-655.
- Gales, R. P., 1987. Validation of the stomach-flushing technique for obtaining stomach contents of penguins. *Ibis* 29: 335-343.
- Garcia, A. M., D. J. Hoeinghaus, J. P. Vieira, K. O. Winemiller, D. M. L. Motta Marques & M. A. Bemvenuti, 2006. Preliminary examination of food web structure of Nicola Lake (Taim Hydrological System, south Brazil) using dual C and N stable isotope analyses. *Neotropical Ichthyology* 4: 279-284.
- Garcia, A. M., D. J. Hoeinghaus, J. P. Vieira & K. O. Winemiller, 2007. Isotopic variation of fishes in freshwater and estuarine zones of a large subtropical coastal lagoon. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 73: 399-408.
- Gianuca, D., 2010. Abundância e ecologia reprodutiva de Pelecaniformes em uma colônia na ilha dos Marinheiros, estuário da Lagoa dos Patos, RS. Dissertação de mestrado em Oceanografia Biológica da Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande.
- Gianuca, D., A. T. Gianuca & C. M. Vooren, 2012. Abundance, breeding and food of the Little Blue Heron *Egretta caerulea* (Aves, Ardeidae) in the Patos Lagoon estuary a recently colonized area in southern Brazil. *Iheringia, Série Zoologia* 102: 19-25.
- Gimenes, M. R. & L. Anjos, 2011. Quantitative analysis of foraging habitat use by Ciconiiformes in the upper Paraná river floodplain, Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 54: 415-427.
- González-Solís, J., D. Oro & V. Pedrocchi, 1997. Bias associated with diet samples in Audouin's Gulls. *Condor* 99: 713-719.
- Hahn, T. O., B. J. Hoye, H. Korthals & M. Klaassen, 2012. From food to offspring down: tissue-specific discrimination and turn-over of stable isotopes in herbivorous waterbirds and other avian foraging guilds. *PLoS ONE* 7: e30242.

- Harris, M. P. & S. Wanless, 1993. The diet of Shags *Phalacrocorax aristotelis* during the chick-rearing period assessed by three methods. *Bird Study* 40: 135-139.
- Hobson, K. A., J. F. Piatt & J. Pitochelli, 1994. Using stable isotopes to determine seabird trophic relationships. *Journal of Animal Ecology* 63: 786-798.
- Huckembeck, S., M. Claudino, F. Correa, R. F. Bastos, D. Loebmann, A. M. Tozetti & A. M. Garcia, 2012. The activity patterns and microhabitat use of *Pseudis minuta* Günther, 1858 (Anura, Hylidae) in the Lagoa do Peixe National Park, a biosphere reserve of the Brazilian subtropics. *Brazilian Journal of Biology* 72: 331-336.
- Kelly, J. P., D. Stralberg, K. Etienne & M. McCaustland, 2008. Landscape influence on the quality of heron and egret colony sites. *Wetlands* 28: 257-275.
- Klein, A. H. F., 1998. Clima regional. In Seeliger, U., C. Odebrecht & J. P. Castello (eds). *Os ecossistemas costeiro e marinho do extremo sul do Brasil*. Editora Ecoscientia, Rio Grande.
- Krienitz, L., A. Ballot, K. Kotut, C. Wiegand, S. Pütz, J. S. Metcalf, G. A. Codd & S. Pflugmacher, 2003. Contribution of hot spring cyanobacteria to the mysterious deaths of Lesser Flamingos at Lake Bogoria, Kenya. *FEMS Microbiology Ecology* 43: 141-148.
- Kushlan, J. A. & J. A. Hancock, 2005. *The herons*. Oxford University Press, Oxford.
- Layman, C. A., M. S. Araujo, R. Boucek, C. M. Hammerschlag-Peyer, E. Harrison, Z. R. Jud, P. Matich, A. E. Rosenblatt, J. J. Vaudo, L. A. Yeager, D. M. Post & S. Bearhop, 2012. Applying stable isotopes to examine food-web structure: an overview of analytical tools. *Biological Reviews* 87: 545-562.
- Lugomela, C., H. B. Pratap & Y. D. Mgaya, 2006. Cyanobacteria blooms – a possible cause of mass mortality of Lesser Flamingos in lake Manyara and lake Big Momela, Tanzania. *Harmful Algae* 5: 534-541.
- Maccarone, A. D., J. N. Brzorad & H. M. Stone, 2010. Nest-activity patterns and food-provisioning rates by Great Egrets (*Ardea alba*). *Waterbirds* 33: 504-510.
- Magurran, A. E., 2011. *Medindo a diversidade biológica*. Editora da UFPR, Curitiba.
- Manetta, G. I. & E. Benedito-Cecilio, 2003. Aplicação da técnica de isótopos estáveis na estimativa da taxa de *turnover* em estudos ecológicos: uma síntese. *Acta Scientiarum: Biological Sciences* 25: 121-129.

- Martínez-Vilalta, A. & A. Motis, 1992. Family Ardeidae (herons). In del Hoyo, J., A. Elliott & J. Sargatal (eds), Handbook of the birds of the world. Lynx Edicions; Barcelona. pp 376-430.
- Matheu, E. & J. del Hoyo, 1992. Family Threskiornithidae (ibises and spoonbills). In del Hoyo, J., A. Elliott & J. Sargatal (eds), Handbook of the birds of the world. Lynx Edicions; Barcelona. p. 472-508.
- McCrimmon, Jr. D. A., J. C. Ogden & G. T. Bancroft, 2001. Great Egret (*Ardea alba*). In Poole, A. (ed.). The Birds of North America online. Ithaca: Cornell Lab of Ornithology; Retrieved from the Birds of North America. <http://bna.birds.cornell.edu/bna/species/570>. Acesso em 15 maio 2011.
- McCulloch, C.E. & S. R. Searle, 2001. Generalized, linear and mixed models. John Wiley & Sons. Nova Iorque.
- Möller, O. & E. Fernandes, 2010. Hidrologia e hidrodinâmica. In Seeliger, U. I. & C. Odebrecht (eds). O estuário da Lagoa dos Patos: um século de transformações. Editora FURG, Rio Grande.
- Mugnai, R., J. L. Nessimian & D. F. Batista, 2010. Manual de identificação de macroinvertebrados aquáticos do Estado do Rio de Janeiro. Editora Technical Books. Rio de Janeiro.
- Naves, L. C., 1999. Ecologia alimentar do talha-mar, *Rhynchops nigra* (Aves: Rhynchopidae), na desembocadura da Lagoa dos Patos. MSc. Thesis, FURG, Rio Grande.
- Oliveira, A., T. K. Pinto, D. P. D. Santos & F. D’Incao, 2006. Dieta natural do Siri-azul *Callinectes sapidus* (Decapoda, Portunidae) na região estuarina da Lagoa dos Patos, Rio Grande, Rio Grande do Sul, Brasil. Iheringia, Série Zoologia 96: 305-313.
- Parnell, A. C., R. Inger, S. Bearhop & A. L. Jackson, 2010. Source partitioning using stable isotopes: coping with too much variation. PLoS ONE 5: e9672.
- Phillips, D. L. & J. W. Gregg, 2003. Source partitioning using stable isotopes: coping with too many sources. Oecologia 136: 261-269.
- Post, D. M., 2002. Using stable isotopes to estimate trophic position: models, methods, and assumptions. Ecology 83: 703-718.
- Post, W., 2008. Food exploitation patterns in an assembly of estuarine herons. Waterbirds 31: 179-192.

- Pretelli, M. G., M. L. Josens & A. H. Escalante. 2012. Breeding at a mixed-species of Great Egret and Cocoi Heron in a Pampas wetland of Argentina. *Waterbirds* 35: 35-43.
- Quintela, F. M., L. F. M. Neves, I. G. Medvedovisky, M. B Santos, M. C. L. M Oliveira & M. P. C. Figueiredo, 2009. Relação dos anfíbios da ilha dos Marinheiros, estuário da Lagoa dos Patos, Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Biociências* 7: 231-233.
- R Development Core Team, 2010. R: a language and environment for statistical computing. www.r-project.org. Acessado em 10/04/2013
- Ramos, R., F. Ramírez, C. Sanpera, L. Jover & X. Ruiz, 2009. *Larus michahellis* in the western Mediterranean: a comparative assessment using conventional and isotopic methods. *Marine Ecology Progress Series* 377: 289-297.
- Richards, M. P., B. T. Fuller, M. Sponheimer, T. Robinsonf & L. Ayliffee, 2003. Sulphur isotopes in palaeodietary studies: a review and results from a controlled feeding experiment. *Journal of Osteoarchaeology* 13: 37-45.
- Rodrigues, L. H. R. 2009. Reguladores da dinâmica das comunidades planctônicas e íctica em ecossistemas límnicos subtropicais. Tese de Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre.
- Romanek, C. S., K. F. Gaines, A. L. Bryan Jr. & I. L. Brisbin, Jr, 2000. Foraging ecology of the endangered Wood Stork recorded in the stable isotope signature of feathers. *Oecologia* 125:584-594.
- Sears, J., S. A. Hatch & D. M. O'Brien, 2009. Disentangling effects of growth and nutritional status on seabird stable isotope ratios. *Oecologia* 159: 41-48.
- Seefelt, N. E. & J. C. Gillingham, 2006. A comparison of three methods to investigate the diet of breeding Double-crested Cormorants (*Phalacrocorax auritus*) in the Beaver Archipelago, northern Lake Michigan. *Hydrobiologia* 567: 57-67.
- Seeliger, U., C. Odebrecht & J. P. Castello (eds), 1998. Os ecossistemas costeiro e marinho do Extremo Sul do Brasil. Editora Ecocientia, Rio Grande.
- Sick, H., 1997. Ornitologia brasileira. Editora Nova Fronteira, Rio de Janeiro.
- Silva-Costa, A. & L. Bugoni, 2013. Feeding ecology of Kelp Gulls (*Larus dominicanus*) in marine and limnetic environments. *Aquatic Ecology* 47: 211-224.

- Silva, F. & M. A. B. Fallavena, 1995. Movimento de dispersão de *Platalea ajaja* (Aves, Threskiornithidae) detectados através de anilhamento. *Revista de Ecologia Latino Americana* 2: 19-21.
- Steinmetz, J., S. L. Kohler & D. A. Soluk, 2003. Birds are overlooked top predators in aquatic food webs. *Ecology* 84: 1324-1328.
- Teixeira, D. M. & J. B. Nacinovic, 2003. Itens alimentares do Colhereiro, *Ajaja ajaja* (Linnaeus, 1758), no Brasil Central (Ciconiiformes, Threskiornithidae). *Arquivos do Museu Nacional* 61: 49-54.
- Veen, J., O. Overdijk & T. Veen, 2012. The diet of an endemic subspecies of the Eurasian Spoonbill *Platalea leucorodia balsaci*, breeding at the Banc d'Arguin, Mauritania. *Ardea* 100: 123-130.
- Vieira, J. P., A. M. Garcia & L. Moraes, 2010. A assembleia de peixes. In Seeliger, U. I. & C. Odebrecht (eds). *O estuário da Lagoa dos Patos: um século de transformações*. Editora FURG, Rio Grande.
- Weiser, E. L. & Powell, A. N. 2011. Evaluating gull diets: a comparison of conventional methods and stable isotope analysis. *Journal of Field Ornithology* 82: 297-310.
- Weller, M. W., 1999. *Wetland birds: habitat resources and conservation implications*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Wolf, N., G. J. Bowen & C. M. del Rio, 2010. The influence of drinking water on the δD and $\delta^{18}O$ values of House Sparrow plasma, blood and feathers. *Journal of Experimental Biology* 214: 98-103.
- Ye, Y., M. Al-Husaini & A. Al-Baz, 2001. Use of generalized linear models to analyze catch rates having zero values: the Kuwait driftnet fishery. *Fisheries Research* 53: 151-168.
- Young, H. S., D. J. McCauley, R. Dirzo, R. B. Dunbar & S. A. Shaffer, 2010. Niche partitioning among and within sympatric tropical seabirds revealed by stable isotope analysis. *Marine Ecology Progress Series* 416: 285-294.

Tabela 1 Composição da dieta de filhotes de garça-branca-grande (*Ardea alba*) e colhereiro (*Platalea ajaja*) em ambientes estuarino (estuário da Lagoa dos Patos - ilha dos Marinheiros) e límnico (banhado do Aguirre, Taim), no sul do Brasil, na primavera/verão de 2011/2012. FO% - Frequência de ocorrência; N% contribuição em número; PN% - contribuição em número presa-específica; M% - contribuição em massa reconstituída; PM% - contribuição em massa reconstituída presa-específica; PSIRI% – Índice de importância relativa presa-específica. As amostras obtidas através de diferentes métodos foram agrupadas para a realização dos cálculos. Os valores com contribuição superior a 5% são destacados, exceto os valores de contribuição presa-específicos (PN% e PM%).
– Item não presente

Itens alimentares	Estuário (ilha dos Marinheiros)								Límnico (Taim)							
	<i>Ardea alba</i> (Regurgitados n = 20; Estômagos n = 2)				<i>Platalea ajaja</i> (Regurgitados n = 8; Estômagos n = 5; Pellets n = 2)				<i>Ardea alba</i> (Estômagos n = 12; Lavagem estomacal n = 1)				<i>Platalea ajaja</i> (Estômagos n = 7; Pellets n = 1; Regurgitados n = 1; Lavagem estomacal n = 5)			
	FO%	N% (PN%)	M% (PM%)	%PSIRI	FO%	N% (PN%)	M% (PM%)	%PSIRI	FO%	N% (PN%)	M% (PM%)	%PSIRI	FO%	N% (PN%)	M% (PM%)	%PSIRI
Peixes Total	90,9	62,2 (56,7)	75,1 (60,4)	53,3	100,0	18,1 (17,5)	9,6 (7,8)	12,6	53,9	34,4 (28,4)	75,7 (75,2)	27,9	64,3	49,7 (35,9)	29,4 (25,7)	19,8
Characidae total	4,5	0,9 (17,6)	1,1 (19,9)	0,9	20,0	2,1 (10,7)	1,0 (2,5)	1,3	–	–	–	–	14,3	19,9 (31,1)	11,8 (28,3)	4,2
<i>Astyanax</i> sp.	4,5	0,3 (5,9)	0,4 (6,6)	0,3	6,7	0,1 (0,3)	0,1 (0,3)	<0,1	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Oligosarcus robustus</i>	–	–	–	–	6,7	0,4 (16,7)	0,2 (2,4)	0,6	–	–	–	–	–	–	–	–

Continuação da Tabela 1.

Itens alimentares	Estuário (ilha dos Marinheiros)								Límico (Taim)							
	<i>Ardea alba</i>				<i>Platalea ajaja</i>				<i>Ardea alba</i>				<i>Platalea ajaja</i>			
	FO%	N% (PN%)	M% (PM%)	%PSIRI	FO%	N% (PN%)	M% (PM%)	%PSIRI	FO%	N% (PN%)	M% (PM%)	%PSIRI	FO%	N% (PN%)	M% (PM%)	%PSIRI
Characidae não identificados					20,0	1,6 (5)	0,8 (1,6)	0,7					14,3	19,9 (31,1)	11,8 (28,3)	4,2
Curimatidae																
<i>Cyphocharax voga</i>	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	7,1	1,2 (3,5)	0,7 (2,9)	0,2
Atherinopsidae																
<i>Odontesthes argentinensis</i>	22,7	2,8 (52,7)	4,2 (45,4)	11,1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Pimelodidae																
<i>Rhamdia quelen</i>	9,1	0,9 (26,8)	1,1 (49,5)	3,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Anablepidae																
<i>Jenynsia multidentata</i>	4,5	0,9 (42,9)	<0,1 (0,5)	1,0	13,3	1,6 (4,8)	1,2 (4,0)	0,6	–	–	–	–	7,1	0,3 (1,0)	0,2 (0,8)	0,1
Mugilidae																
<i>Mugil</i> sp.	9,1	1,3 (19,9)	0,4 (6,6)	1,2	13,3	1 (2,4)	0,4 (2,8)	0,3	–	–	–	–	–	–	–	–
Sciaenidae																
<i>Micropogonias furnieri</i>	9,1	0,6 (15,8)	0,2 (8,3)	1,1	6,7	0,1 (5,9)	0,2 (4,6)	0,3	–	–	–	–	–	–	–	–

Continuação da Tabela 1.

Itens alimentares	Estuário (ilha dos Marinheiros)								Límnico (Taim)							
	<i>Ardea alba</i>				<i>Platalea ajaja</i>				<i>Ardea alba</i>				<i>Platalea ajaja</i>			
	FO%	N% (PN%)	M% (PM%)	%PSIRI	FO%	N% (PN%)	M% (PM%)	%PSIRI	FO%	N% (PN%)	M% (PM%)	%PSIRI	FO%	N% (PN%)	M% (PM%)	%PSIRI
Pomatomidae																
<i>Pomatomus saltatrix</i>	4,5	0,3 (6,3)	4,8 (53,7)	1,4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Peixes não identificados	63,6	54,1 (48,1)	62,9 (55,2)	32,9	100,0	13,4 (14)	6,8 (6,1)	10,0	53,9	34,4 (28,4)	75,7 (75,2)	27,9	21,4	28,3 (28,5)	16,7 (19,0)	15,3
Crustáceos Total	68,2	6,6 (27,5)	23,4 (62,8)	30,8	66,7	2,6 (9,4)	59,1 (81,7)	30,4	30,8	2,6 (6,6)	20,2 (48,7)	8,5	21,4	0,5 (12,4)	35,8 (90,0)	11,0
Decapoda																
Penaeidae	9,1	1,6 (14,4)	2,6 (49,9)	2,9	20,0	1,5 (15,4)	20,4 (65,8)	8,1	–	–	–	–	–	–	–	–
Brachyura	22,7	1,9 (27,5)	7,8 (53,9)	9,3	53,3	1,0 (5,5)	34,4 (73,1)	21,0	30,8	2,6 (6,6)	20,2 (48,7)	8,5	21,4	0,5 (12,4)	35,8 (90,0)	11,0
<i>Callinectes</i> sp.	31,8	2,5 (20,7)	10,4 (59,5)	12,8	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Callinectes sapidus</i>	9,1	0,6 (50,0)	2,6 (77,9)	5,8	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Trychodactylidae	–	–	–	–	6,7	0,1 (3,0)	4,3 (35,2)	1,3	–	–	–	–	–	–	–	–

Continuação da Tabela 1.

Itens alimentares	Estuário (Ilha dos Marinheiros)								Lúmnico (Taim)							
	<i>Ardea alba</i>				<i>Platalea ajaja</i>				<i>Ardea alba</i>				<i>Platalea ajaja</i>			
	FO%	N% (PN%)	M% (PM%)	%PSIRI	FO%	N% (PN%)	M% (PM%)	%PSIRI	FO%	N% (PN%)	M% (PM%)	%PSIRI	FO%	N% (PN%)	M% (PM%)	%PSIRI
Insetos Total	77,3	27,4 (34)	1,0 (2,1)	13,9	100,0	58,2 (64,5)	17,4 (29,8)	47,2	100,0	61,1 (77,5)	4,0 (40,39)	58,9	100,0	44,1 (66,2)	26,1 (53,6)	59,9
Hemiptera	–	–	–	–	6,7	0,1 (3,0)	<0,1 (0,3)	0,1	–	–	–	–	–	–	–	–
Belostomatidae	27,3	3,4 (5,8)	0,1 (0,2)	0,8	80,0	10,8 (10,7)	3,2 (4,2)	6,0	53,9	12,3 (17,5)	0,8 (6,9)	6,6	64,3	6,6 (12,9)	3,9 (9,4)	7,2
Coleoptera	50,0	10,0 (19,6)	0,4 (1,6)	5,3	100,0	18,1 (24,9)	5,4 (11,8)	18,4	84,6	26 (40,9)	1,7 (20,8)	26,1	92,9	27,6 (40,1)	16,3 (33,3)	34,1
Odonata	40,9	7,5 (11,9)	0,3 (1,0)	2,7	86,7	27,5 (30,5)	8,2 (16,3)	20,3	76,9	17 (34,5)	1,1 (23,8)	22,4	71,4	6,3 (15,0)	3,7 (9,5)	8,8
Hydrophilidae	4,5	0,6 (3)	<0,1 (0,1)	0,1	13,3	0,5 (7,0)	0,1 (1,2)	0,5	38,5	5,2 (11,6)	0,3 (1,4)	2,5	35,7	3,2 (7,7)	1,9 (7,5)	2,7
Hymenoptera	4,5	0,3 (1,5)	<0,1 (0,1)	<0,1	–	–	–	–	–	–	–	–	7,1	0,2 (0,5)	0,1 (0,4)	<0,1
Formicidae	4,5	0,3 (2,9)	<0,1 (0,1)	0,1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Apoidae	–	–	–	–	6,7	0,1 (3,0)	<0,1 (0,3)	0,1	–	–	–	–	–	–	–	–
Diptera	–	–	–	–	6,7	0,4 (9,1)	0,1 (0,9)	0,3	–	–	–	–	–	–	–	–

Continuação da Tabela 1.

Itens alimentares	Estuário (ilha dos Marinheiros)								Límnico (Taim)							
	<i>Ardea alba</i>				<i>Platalea ajaja</i>				<i>Ardea alba</i>				<i>Platalea ajaja</i>			
	FO%	N% (PN%)	M% (PM%)	%PSIRI	FO%	N% (PN%)	M% (PM%)	%PSIRI	FO%	N% (PN%)	M% (PM%)	%PSIRI	FO%	N% (PN%)	M% (PM%)	%PSIRI
Arachnida	4,5	0,3 (33,3)	<0,1 (0,8)	0,8	13,3	0,4 (3,2)	0,1 (0,4)	0,2	–	–	–	–	–	–	–	–
Insetos não identificados	36,4	5,0 (22,4)	0,2 (0,8)	4,2	6,7	0,4 (33,3)	0,1 (2,2)	1,2	7,7	0,6 (33,3)	<0,1 (2,8)	1,4	7,1	0,2 (100)	0,1 (100)	7,1
Moluscos Total	13,6	1,6 (16,9)	0,4 (4,3)	1,4	26,7	4,5 (6,5)	8,7 (13,1)	2,6	–	–	–	–	14,3	1,7 (9,2)	7,0 (37,6)	3,3
Gastropoda	–	–	–	–	6,7	0,1 (1,1)	0,2 (3,0)	0,1	–	–	–	–	7,1	0,2 (7,1)	0,7 (26,9)	1,2
Planorbidae	–	–	–	–	6,7	3,9 (10,7)	7,5 (38,1)	1,6	–	–	–	–	7,1	0,3 (1)	1,3 (5,4)	0,2
Hydrobiidae	–	–	–	–	20	0,5 (4,8)	0,9 (3,7)	0,8	–	–	–	–	7,1	0,9 (2,5)	3,3 (13,4)	0,6
Ancylidae	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	7,1	0,2 (0,5)	0,7 (2,7)	0,1
Ampullariidae																
<i>Pomacea</i> sp.	4,5	0,3 (25)	0,1 (6,5)	0,7	–	–	–	–	–	–	–	–	7,1	0,2 (7,1)	0,7 (26,9)	1,2
Moluscos não identificados	9,1	1,3 (12,9)	0,3 (3,2)	0,7	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Continuação da Tabela 1.

Itens alimentares	Estuário (ilha dos Marinheiros)								Límnico (Taim)							
	<i>Ardea alba</i>				<i>Platalea ajaja</i>				<i>Ardea alba</i>				<i>Platalea ajaja</i>			
	FO%	N% (PN%)	M% (PM%)	%PSIRI	FO%	N% (PN%)	M% (PM%)	%PSIRI	FO%	N% (PN%)	M% (PM%)	%PSIRI	FO%	N% (PN%)	M% (PM%)	%PSIRI
Vegetais	22,7	2,2 (5,1)	0,1 (0,2)	0,6	80,0	16,6 (12,5)	5,2 (5,5)	7,2	23,1	1,9 (22,5)	0,1 (17,9)	4,7	57,1	3,9 (11,9)	2,1 (9,1)	6,0
<i>Oryza sativa</i> (sementes)	9,1	0,3 (4,1)	<0,1 (0,2)	0,2	–	–	–	–	7,7	0,6 (9,1)	<0,1 (<0,1)	0,35	21,4	0,7 (3,5)	<0,1 (0,3)	0,4
<i>Ludwigia</i> sp. (sementes)	–	–	–	–	26,7	9,4 (11,7)	2,9 (3,8)	2,1	–	–	–	–	7,1	0,3 (28,6)	0,2 (29,6)	2,1
Sementes não identificadas	13,6	1,9 (5,7)	0,1 (0,3)	0,4	80,0	7,3 (8,6)	2,3 (4,3)	5,2	15,4	1,3 (29,2)	0,1 (26,8)	4,3	42,9	2,9 (9,3)	1,8 (7,1)	3,5

Tabela 2. Valores médios de $\delta^{15}\text{N}$, $\delta^{13}\text{C}$ e DP (desvio padrão) no sangue das aves estudadas e suas potenciais fontes alimentares, empregadas como fontes potenciais nos modelos de mistura bayesianos (SIAR). Método de coleta, tecido analisado, local de coleta, tamanho amostral (N) e fonte dos dados. Coletadas no período entre setembro de 2011 a março de 2012

Identificação	Método de coleta	Tecido	$\delta^{15}\text{N}$	DP	$\delta^{13}\text{C}$	DP	Local de coleta	N	Referência
Aves									
Pelecaniformes									
<i>Ardea alba</i>	Manual	Sangue	8,0	0,9	-24,9	2,8	banhado do Aguirre	16	Presente estudo
<i>Ardea alba</i>	Manual	Sangue	10,0	1,7	-22,2	3,4	ilha dos Marinheiros	18	Presente estudo
<i>Platalea ajaja</i>	Manual	Sangue	9,4	1,3	-24,8	1,4	banhado do Aguirre	16	Presente estudo
<i>Platalea ajaja</i>	Manual	Sangue	8,1	0,4	-25,4	1,5	ilha dos Marinheiros	14	Presente estudo
Peixes									
Characidae									
<i>Astyanax jacuhiensis</i>	Encontrado dentro da colônia	Músculo	8,0	-	-22,2	-	ilha dos Marinheiros	1	Presente estudo
<i>Astyanax jacuhiensis</i>	Rede	Músculo	9,2	-	-23,5	-	banhado do Taim		Presente estudo
<i>Astyanax eigenmanniorum</i>	Rede	Músculo	7,2	0,9	-28,7	0,8	banhado do Taim	3	Presente estudo
<i>Oligosarcus robustus</i>		Músculo	12,6	0,9	-22,7	0,5	Água doce	5	Silva-Costa & Bugoni (2013)
<i>Bryconamericus iheringii</i>	Rede	Músculo	8,7	-	-19,4	-	banhado do Taim	1	Presente estudo
<i>Hyphessobrycon bifasciatus</i>	Rede	Músculo	6,9	-	-30,5	-	banhado do Taim	1	Presente estudo
Cichlidae									
<i>Geophagus brasiliensis</i>	Rede	Músculo	8,0	-	-28,8	-	banhado do Taim	1	Presente estudo
<i>Crenicichla lepidota</i>	Rede	Músculo	10,4	-	-24,9	-	banhado do Taim	1	Presente estudo
<i>Cichlasoma portalegrense</i>	Rede	Músculo	7,0	-	-31,2	-	banhado do Taim	1	Presente estudo

Continuação da Tabela 2.

Identificação	Método de coleta	Tecido	$\delta^{15}\text{N}$	DP	$\delta^{13}\text{C}$	DP	Local de coleta	N	Referência
Erythrinidae									
<i>Hoplias malabaricus</i>	Rede	Músculo	8,2	-	-29,1	-	banhado do Taim	1	Presente estudo
<i>Mugil</i> sp.	Regurgitado <i>A. alba</i>	Músculo	10,0	-	-15,5	-	ilha dos Marinheiros	1	Presente estudo
<i>Mugil platanus</i>	Rede	Músculo	10,6	-	-19,6	-	banhado do Taim	1	Presente estudo
Pimelodidae									
<i>Rhamdia aff quelen</i>	Rede	Músculo	8,9	0,7	-27,4	3,5	banhado do Taim	3	Presente estudo
<i>Rhamdia aff quelen</i>	Regurgitado <i>A. alba</i>	Músculo	6,8	0,2	-17,7	0,4	ilha dos Marinheiros	2	Presente estudo
Sciaenidae									
<i>Micropogonias furnieri</i>	Regurgitado <i>A. alba</i> , encontrado dentro da colônia, Pescador	Músculo	15,1	0,8	-14,7	0,8	Lagoa dos Patos	3	Presente estudo
Poeciliidae									
<i>Phalloceros caudimaculatus</i>	Rede	Músculo	9,1	-	-29,0	-	banhado do Taim	1	Presente estudo
<i>Cnesterodon decemmaculatus</i>	Rede	Músculo	9,8	0,7	-27,9	0,9	banhado do Taim	3	Presente estudo
Anablepidae									
<i>Jenynsia multidentata</i>	Rede	Músculo	9,5	0,4	-25,4	0,2	banhado do Taim	2	Presente estudo
<i>Jenynsia multidentata</i>	Regurgitado <i>A. alba</i> e encontrado dentro da colônia	Músculo	13,5	3,9	-10,9	4,8	ilha dos Marinheiros	2	Presente estudo
Atherinopsidae									
<i>Odonthestes argentinensis</i>	Regurgitado <i>A. alba</i>	Músculo	13,6	0,5	-15,1	0,2	ilha dos Marinheiros	4	Presente estudo

Continuação da Tabela 2.

Identificação	Método de coleta	Tecido	$\delta^{15}\text{N}$	DP	$\delta^{13}\text{C}$	DP	Local de coleta	N	Referência
Callichthyidae									
<i>Corydoras paleotus</i>	Rede	Músculo	9,8	0,6	-24,0	1,1	banhado do Taim	3	Presente estudo
Heptapteridae									
<i>Pimelodella australis</i>	Rede	Músculo	9,1	0,6	-27,9	0,9	banhado do Taim	3	Presente estudo
Clupeidae									
<i>Platanichthys platana</i>	Fornecido por pescador	Músculo	10,7	-	-17,2	-	Lagoa dos Patos	1	Presente estudo
<i>Brevoortia pectinata</i>	Fornecido por pescador	Músculo	10,0	1,7	-14,8	0,4	Lagoa dos Patos	3	Presente estudo

Continuação da Tabela 2.

Identificação	Método de coleta	Tecido	$\delta^{15}\text{N}$	DP	$\delta^{13}\text{C}$	DP	Local de coleta	N	Referência
Crustáceos									
Penaeidae									
<i>Farfantepenaeus paulensis</i>	Fornecido por pescador	Músculo	6,5	0,4	-8,8	0,2	Lagoa dos Patos	4	Presente estudo
<i>Palaemonetes argentinus</i>	Rede	Músculo	9,2	-	-30,4	-	banhado do Taim	1	Presente estudo
Brachyura									
<i>Callinectes</i> sp.	Regurgitado <i>A. alba</i>	Músculo	10,8	1,2	-16,6	0,5	ilha dos Marinheiros	2	Presente estudo
<i>Callinectes sapidus</i>	Fornecido por pescador	Músculo	6,8	0,1	-11,3	0,6	Lagoa dos Patos	2	Presente estudo
Anfíbio									
Hylidae									
<i>Pseudis minuta</i>	Rede	Músculo	6,2	-	-23,8	-	banhado do Taim	1	Presente estudo
Molusco									
Ampullariidae									
<i>Pomacea canaliculata</i>	Rede	Músculo	8,7	1,2	-22,5	0,8	banhado do Taim	4	Presente estudo
Inseto									
Belostomatidae	Puçá	Músculo	5,7	-	-28,3	-	banhado do Taim	1	Presente estudo
Vegetação									
<i>Ludwigia</i> sp	Estômago de <i>P. ajaja</i>	Semente	5,9	-	-26,1	-	banhado do Taim	1	Presente estudo
<i>Oryza sativa</i>	Lavoura de Arroz	Semente	9,3	-	-27,5	-	banhado do Taim	1	Presente estudo
Perifíton			5,2	-	-24,7	-	lagoa Mangueira		Rodrigues (2009)

Tabela 3 Similaridade na composição da dieta dos filhotes de garça-branca-grande (*Ardea alba*) e colhereiro (*Platalea ajaja*) em ambiente estuarino (Lagoa dos Patos) e límnico (banhado do Aguirre - Taim) no sul do Brasil, baseada no número de presas e calculada através do índice de sobreposição de Morisita-Horn. Valores >0,6 são apresentados em negrito

	Estuário		Límnico
	<i>A. alba</i>	<i>P. ajaja</i>	<i>A. alba</i>
<i>P. ajaja</i> estuário	0,55		
<i>A. alba</i> límnico	0,65	0,81	
<i>P. ajaja</i> límnico	0,14	0,56	0,77

Tabela 4 Coeficientes do Modelo Linear Generalizado (GLM) selecionado. O intercepto representa os valores de $\delta^{15}\text{N}$ ou $\delta^{13}\text{C}$ para a espécie “*Ardea alba*” e local “Estuário”, em relação aos quais os outros níveis são comparados. Por exemplo, a estimativa da espécie *P. ajaja* foi de $e^{-1,764}$, indicando assim que os valores de $\delta^{15}\text{N}$ são 176,4% (significativamente) menores que a espécie definida para comparação, i.e. *A. alba*; ou então o valor de “Taim” ($e^{1,026}$) indica um aumento não significativo de 102,6% em comparação com “Estuário”. gl - graus de liberdade dos resíduos de cada modelo

Termo	Estimativa	Erro Padrão (SE)	<i>t</i>	<i>P</i>
$\delta^{15}\text{N}$ (AIC = 207,2; gl = 58)				
Intercepto	8,093	0,675	11,996	< 0,001
Efeito Principal				
<i>Platalea ajaja</i>	-1,764	0,412	-4,281	< 0,001
Taim (Límnico)	1,026	1,261	0,813	0,419
Tarso	0,030	0,010	3,064	0,003
Interações				
<i>Platalea ajaja</i> :Taim	3,320	0,598	5,550	< 0,001
Taim:Tarso	-0,045	0,017	-2,572	0,013
$\delta^{13}\text{C}$ (AIC = 302,3; gl = 60)				
Intercepto	-22,224	0,578	-38,447	< 0,001
Efeito Principal				
<i>Platalea ajaja</i>	-3,146	0,874	-3,600	< 0,001
Taim (Límnico)	-2,688	0,843	-3,190	0,002
Interações				
<i>Platalea ajaja</i> :Taim	3,293	1,231	2,675	< 0,01

Tabela 5 Resumo dos resultados da ANOVA dos valores de $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$ no Modelo Linear Generalizado (GLM). % explicado é calculado como a deviança/resíduo da deviança do modelo nulo*100, como demonstrado por Ye et al. (2001). gl - graus de liberdade

Fonte de variância	gl	Deviância	% explicado	gl dos resíduos	Deviância Residual	<i>F</i>	<i>P</i>
$\delta^{15}\text{N}$							
Modelo Nulo				63	137,297		
Efeito Principal							
Espécie	1	1,095	0,80	62	136,201	0,828	0,367
Local	1	2,465	1,80	61	133,736	1,864	0,177
Tarso	1	12,645	9,21	60	121,091	9,562	0,003
Interações							
Espécie:Local	1	35,642	25,96	59	85,449	26,952	< 0,001
Tarso:Local	1	8,749	6,37	58	76,700	6,616	0,013
Total explicado	5	60,596	44,14				
$\delta^{13}\text{C}$							
Modelo Nulo				63	463,52		
Efeito Principal							
Espécie	1	38,711	8,35	62	424,80	6,436	0,014
Local	1	20,902	4,51	61	403,90	3,475	0,067
Interações							
Espécie:Local	1	43,033	9,28	60	360,87	7,155	< 0,01
Total explicado	3	102,646	22,14				

Legendas das Figuras

Figura 1. Mapa das áreas de estudo no sul do Brasil, indicado pela seta, ao lado área de estudo na região sul, abaixo local de coleta no ambiente estuarino na Lagoa dos Patos no ponto “A” (ilha dos Marinheiros) que se localiza a ~56 km do ambiente límnic encontrado no ponto “B” (banhado do Aguirre), localizado junto ao banhado do Taim próximo a lagoa das Flores, Nicola, Mirim e Caiubá

Figura 2. Composição da dieta de filhotes de garça-branca-grande (*Ardea alba*), acima em ambientes estuarino (ilha dos Marinheiros), e abaixo límnic (banhado do Aguirre). FO% - Frequência de ocorrência; M% - contribuição em massa reconstituída; PSIRI% - Índice de importância relativa presa-específica

Figura 3. Composição da dieta de filhotes de colhereiros (*Platalea ajaja*), acima em ambientes estuarino (ilha dos Marinheiros), e abaixo límnic (banhado do Aguirre,). FO% - Frequência de ocorrência; M% - contribuição em massa reconstituída; PSIRI% - Índice de importância relativa presa-específica.

Figura 4. Valores de isótopos estáveis de carbono ($\delta^{13}\text{C}$, acima) e nitrogênio ($\delta^{15}\text{N}$, abaixo), médias (barras centrais no gráfico), acompanhado do desvio padrão (retângulos), dos valores mínimos e máximos (linhas externas), de colhereiros (*Platalea ajaja*) e garças-branca-grande (*Ardea alba*) límnicos e estuarinos, amostrados no sul do Brasil em período reprodutivo entre setembro de 2011 e dezembro de 2012. Letras diferentes indicam diferenças significativas nos valores

Figura 5. Distribuição dos valores individuais de isótopos estáveis de nitrogênio ($\delta^{15}\text{N}$) e carbono ($\delta^{13}\text{C}$) no sangue total de garça-branca-grande (*Ardea alba*) amostrados em colônia localizada em ambientes límnicos, próximo à ESEC do Taim (Grupo 1), e estuarinos, ilha dos Marinheiros, Lagoa dos Patos (Grupo 2), sul do Brasil. São mostrados os valores das presas ou alimentos potenciais utilizados nos

modelos de mistura bayesianos – SIAR (símbolos sólidos), acompanhados do desvio padrão

Figura 6. Contribuição das diferentes fontes potenciais de alimento para os valores isotópicos do sangue total de garça-branca-grande (*Ardea alba*) em ambiente límnico acima e estuarino abaixo, obtido através do modelo de mistura isotópico bayesiano (SIAR), mostrando os intervalos de credibilidade de 95% (cinza escuro), 75% (cinza médio) e 25% (cinza claro)

Figura 7. Distribuição dos valores individuais de isótopos estáveis de nitrogênio ($\delta^{15}\text{N}$) e carbono ($\delta^{13}\text{C}$) no sangue total de colhereiros (*Platalea ajaja*) amostrados em colônia localizada em ambientes límnicos, próximo à ESEC do Taim (Grupo 1), e estuarinos, ilha dos Marinheiros, Lagoa dos Patos (Grupo 2), sul do Brasil. Os valores das presas ou alimentos potenciais utilizados nos modelos de mistura bayesianos – SIAR (símbolos sólidos) são acompanhados do desvio padrão.

Figura 8. Contribuição das diferentes fontes potenciais de alimento para os valores isotópicos do sangue total de colhereiros (*Platalea ajaja*) em ambiente límnico (1) e estuarino (2), obtido através do modelo de mistura isotópico bayesiano (SIAR), mostrando os intervalos de credibilidade de 95% (cinza escuro), 75% (cinza médio) e 25% (cinza claro)

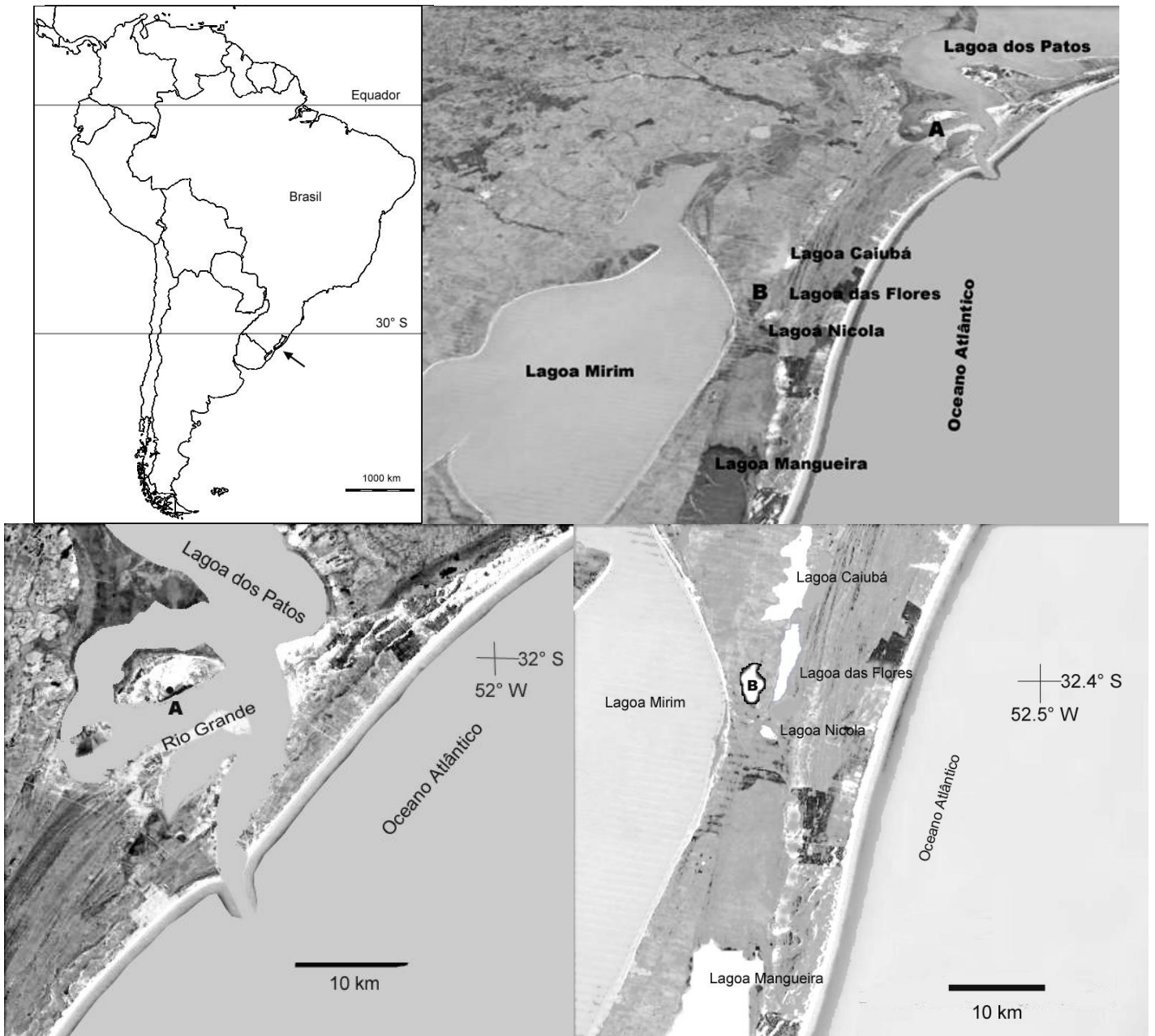


Fig. 1

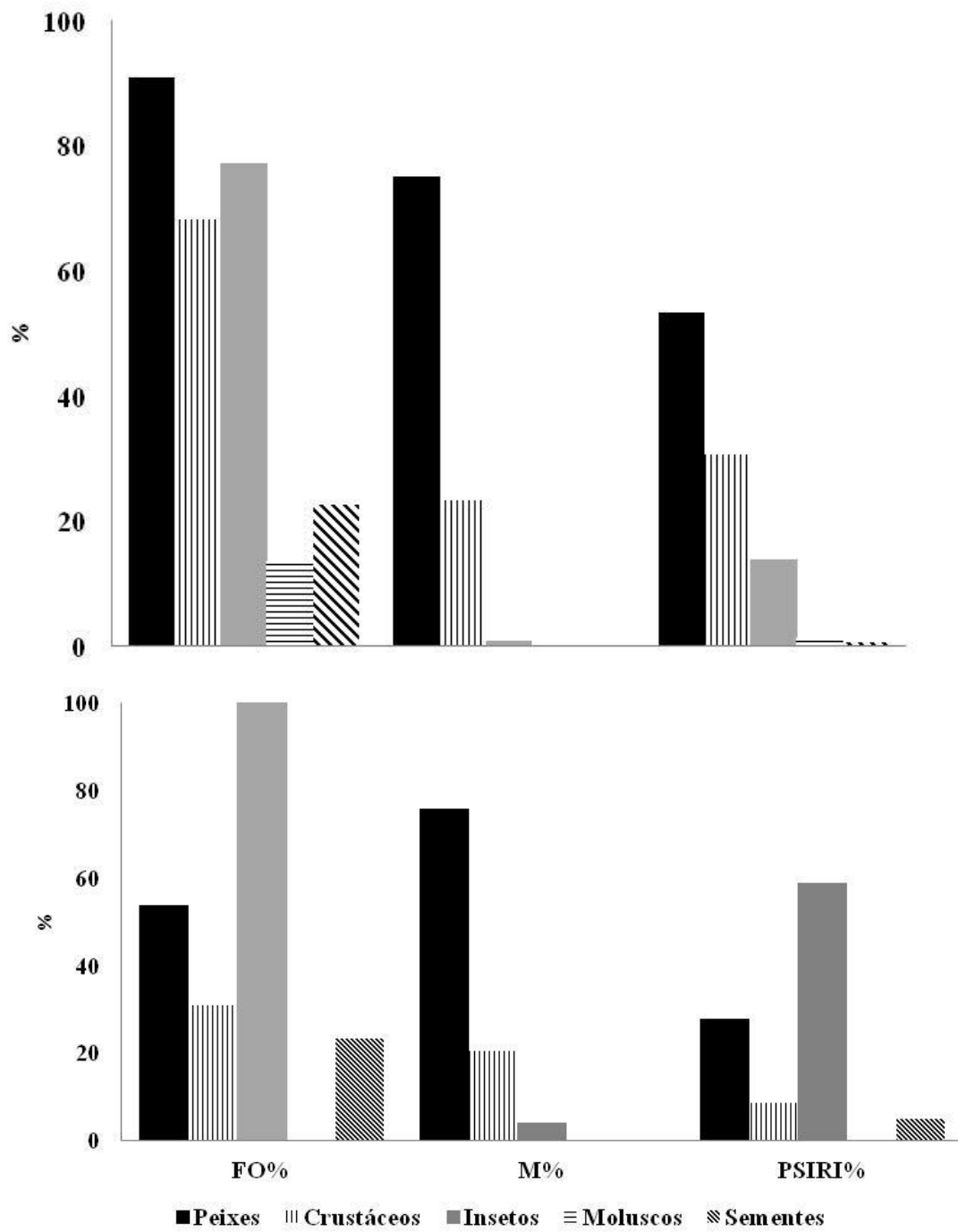


Fig. 2

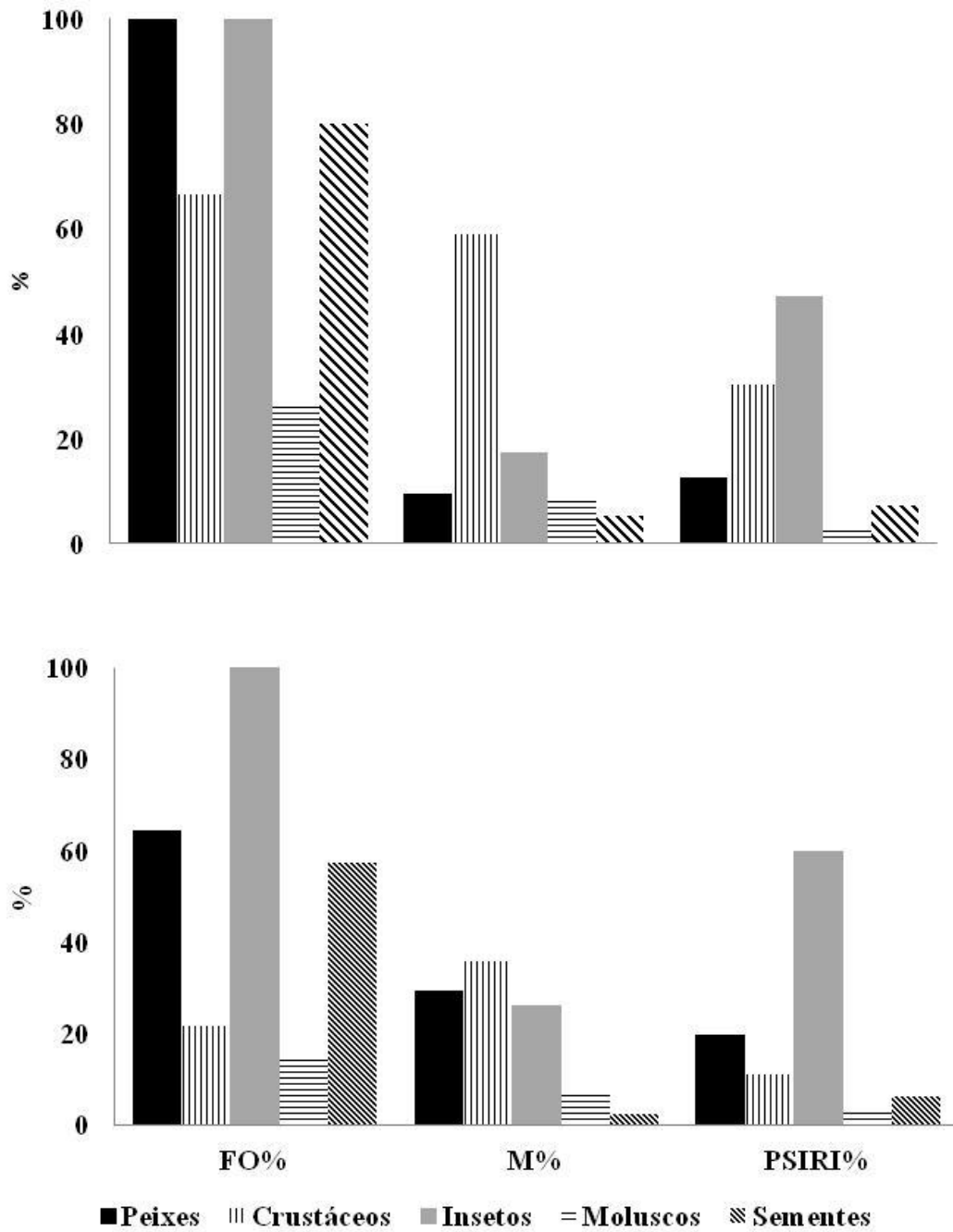


Fig. 3

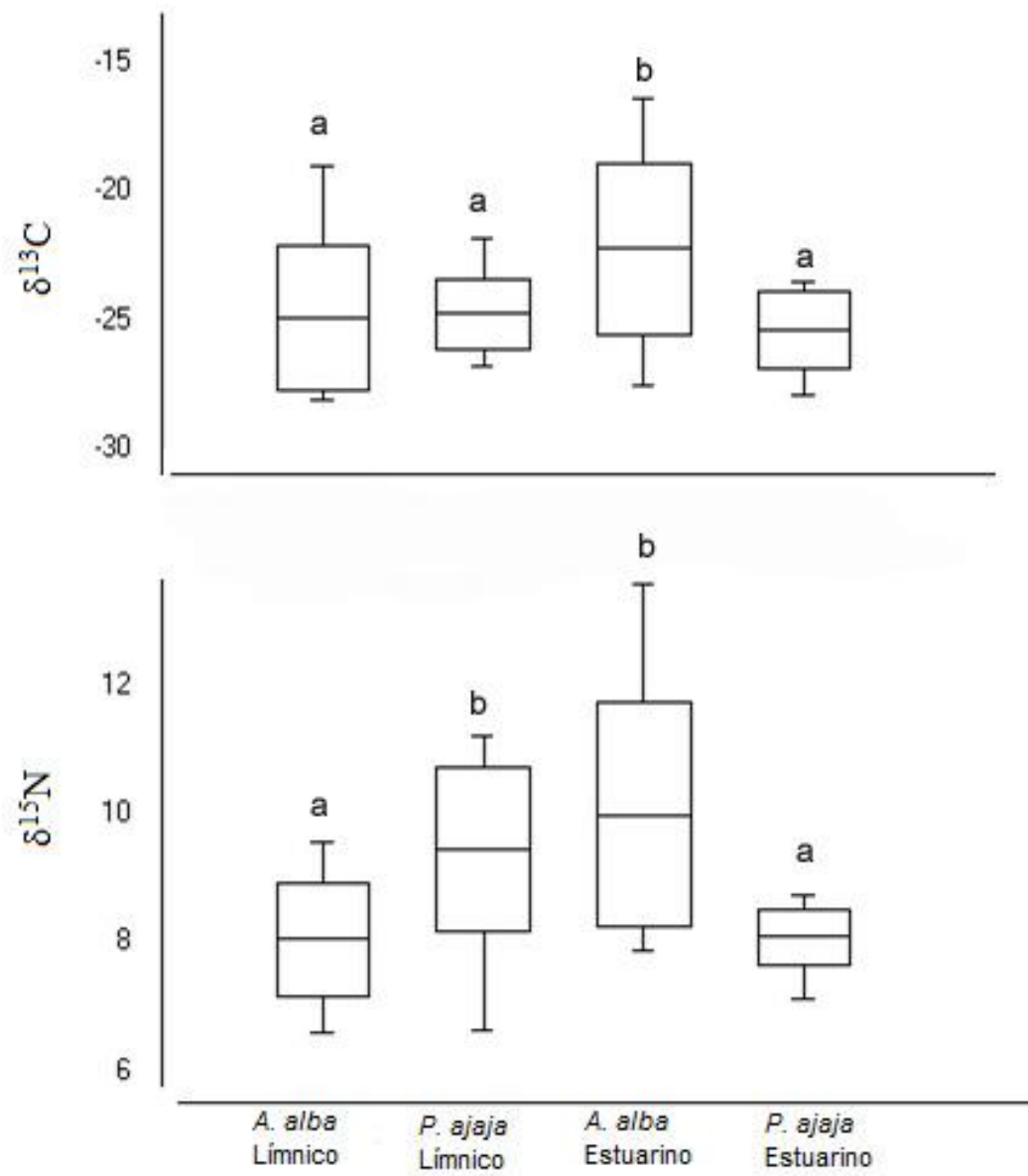


Fig. 4

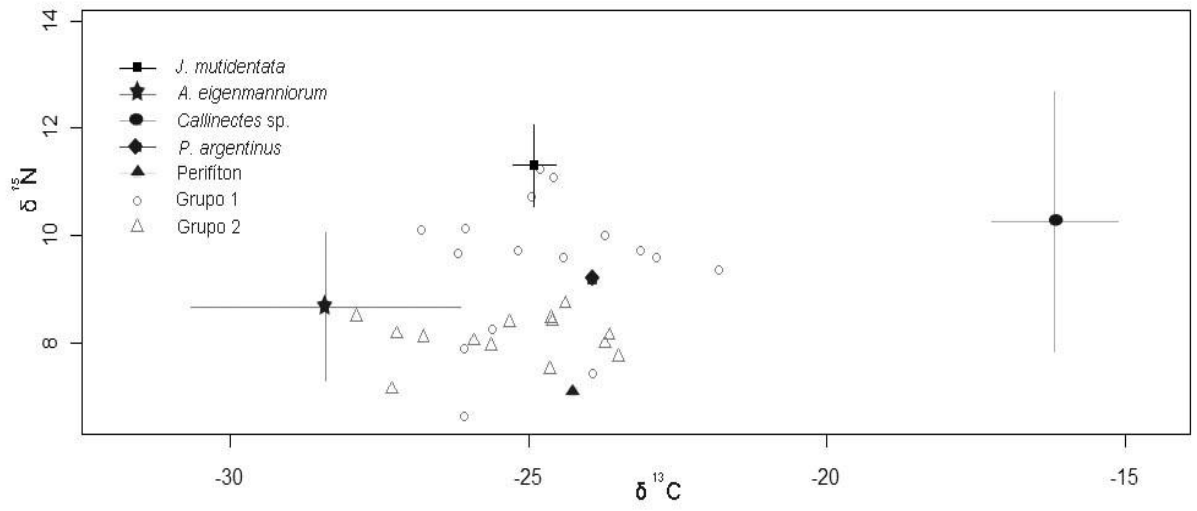


Fig. 5

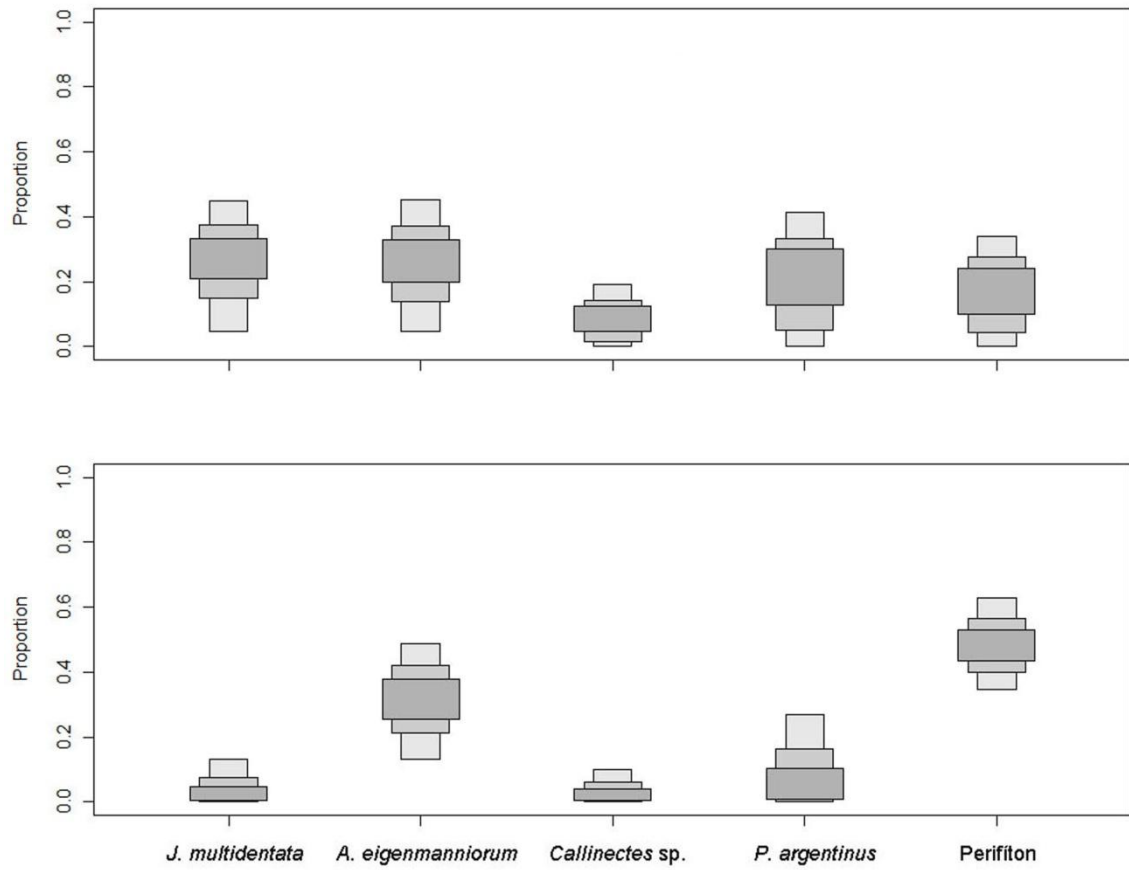


Fig.6

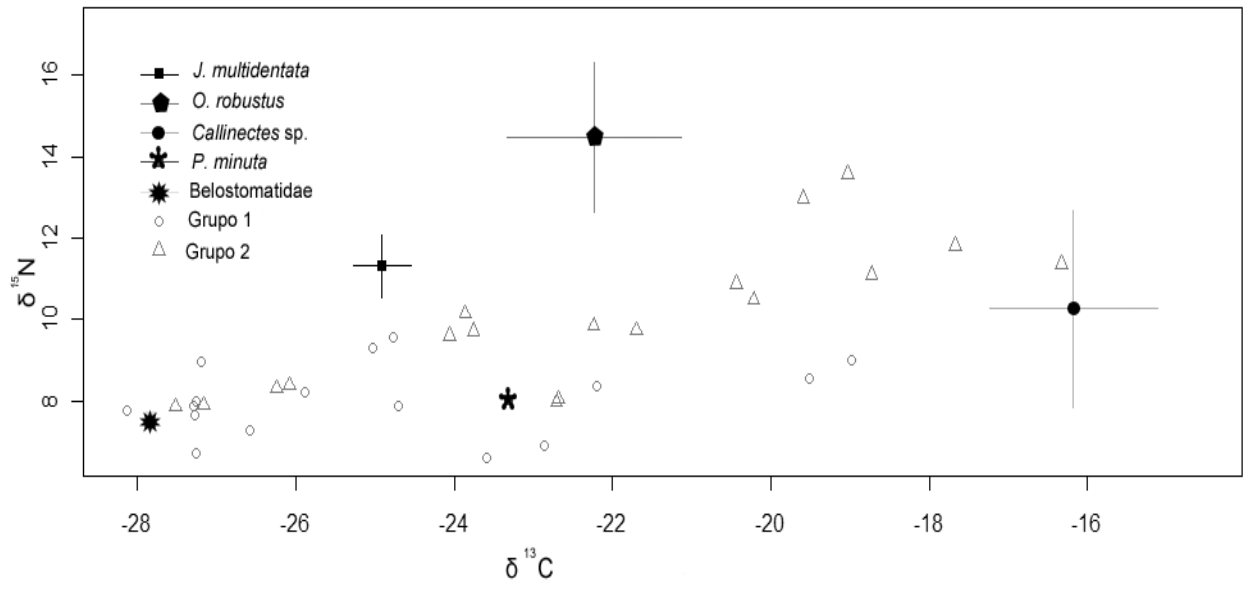


Fig. 7

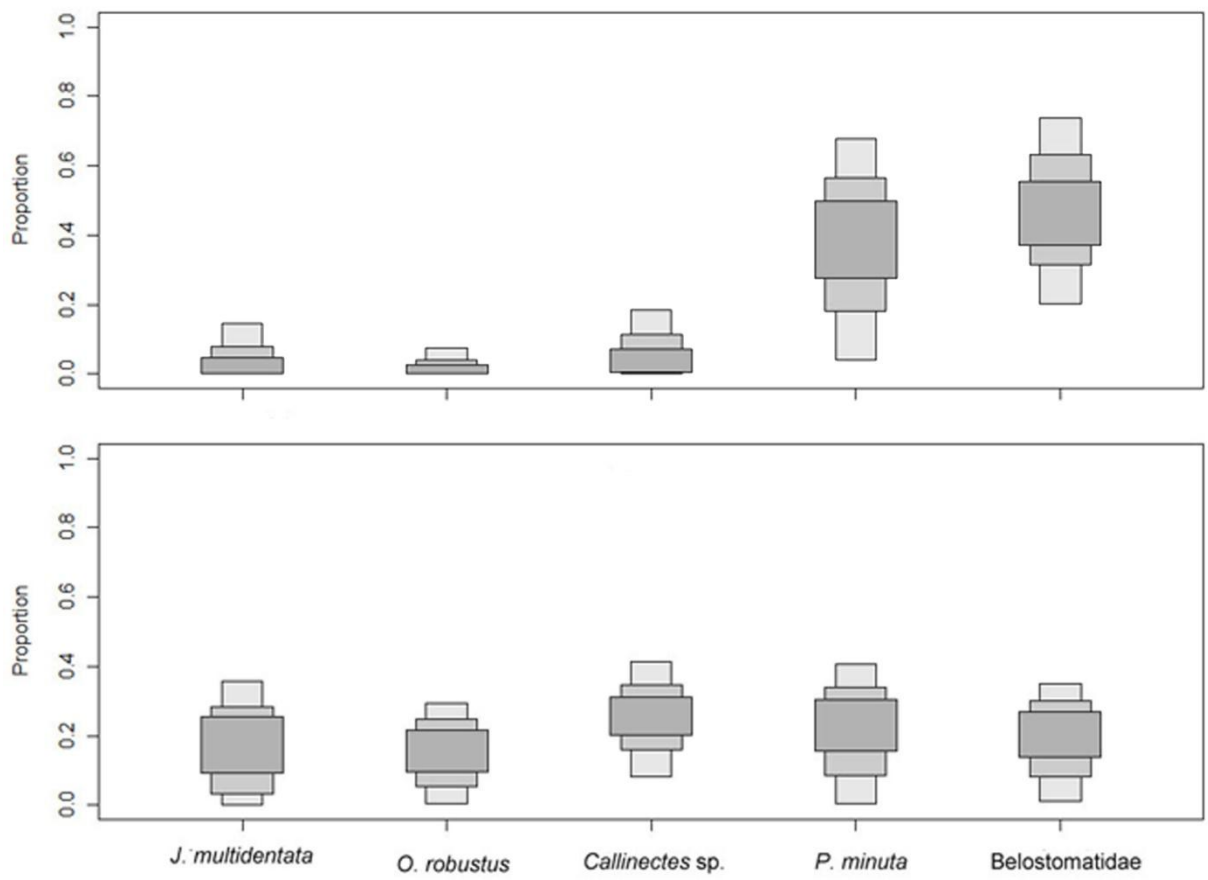


Fig. 8