



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



**Nicho trófico e recursos alimentares
explorados por Charadriiformes migratórios e
residentes em uma área de campo úmido da
Planície Costeira no Sul do Brasil**

Fernando Azevedo Faria

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Edélti Faria Albertoni

Coorientador: Prof. Dr. Leandro Bugoni

Rio Grande
2016



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



**Nicho trófico e recursos alimentares explorados por
Charadriiformes migratórios e residentes em uma área de
campo úmido da Planície Costeira no Sul do Brasil.**

Aluno: Fernando Azevedo Faria

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Edélti Faria Albertoni

Coorientador: Prof. Dr. Leandro Bugoni

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia de Ambientes Aquáticos Continentais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Biologia de Ambientes Aquáticos Continentais.

Rio Grande
2016

AGRADECIMENTOS

Aos meus orientadores Dr. Leandro Bugoni e Dr^a Edélti Albertoni pela confiança, pelo exemplo de profissionalismo e por acreditarem plenamente em mim desde o princípio deste trabalho.

A todos os colegas do Laboratório de Aves Aquáticas e Tartarugas Marinhas pelo apoio, conversas e parceria durante esses anos.

Ao Jorge e ao Sandro, por me acolherem e abrirem as portas de suas casas na Ilha da Torotama.

Aos amigos e colegas Suzana Martins, Guilherme Nunes, Cláudio Trindade, Leonardo Furlanetto, Laila Carvalho, Xênya Garcia, Cindy Barretto, Pâmela Echevengua, Augusto Costa, Augusto Krause, Gustavo Leal, Gabriel Sampaio, Fernanda Marques, Egberto Murari, Nicolás Figueiredo, André Colferai, Luciana Medeiros, Cícero Faria e Carlos Faria, pela imensa ajuda e apoio mais do que fundamental nas saídas de campo.

À Jéssika Figueira, pela ajuda na identificação dos invertebrados.

Às colegas Roberta Petitet e Luciana Medeiros, pelo auxílio nas análises isotópicas.

À banca dessa dissertação: Dr. Juan Pablo Isacch da *Universidad Nacional de Mar Del Plata* (UNMdP), e Dr^a Fabiana Schneck do PPGBAC (FURG)

Por último, aos meus familiares e à Juliana Lemos, por sempre estarem ao meu lado me apoiando e acreditando em mim.

- Dedicado mais uma vez ao
meu avô, Jacob.



SUMÁRIO

SUMÁRIO	6
RESUMO	9
ABSTRACT	10
INTRODUÇÃO GERAL	11
Nicho ecológico e sobreposição de nicho.....	11
Áreas úmidas.....	12
Aves no Estuário da Lagoa dos Patos e regiões adjacentes.....	14
Os macroinvertebrados e os métodos de amostragem.....	14
Aves Charadriiformes neste estudo.....	17
Análise da dieta e ecologia alimentar.....	25
ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	27
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28
CAPÍTULO 1	35
Resumo	37
Introdução	38
Métodos	40
Área de estudo.....	40
Amostragem dos macroinvertebrados.....	40
Amostragem das aves Charadriiformes.....	41
Composição da dieta.....	42
Análise de isótopos estáveis.....	42
Análise de dados.....	43
Resultados	45
Discussão	47
Referências bibliográficas	52

LISTA DE FIGURAS

INTRODUÇÃO GERAL	11
Fig. 1. Mapa da área de estudo, evidenciando a ilha da Torotama, no sul do Brasil	13
Fig. 2. Equipamentos para amostragem de macroinvertebrados. <i>Pitfall</i> (A), rede de varredura (B) core (C) e armadilha luminosa (D). Foto (D): IEPA.....	16
Fig. 3. O quero-quero <i>Vanellus chilensis</i> é uma ave Charadriidae residente e comum nos campos do Rio Grande do Sul.....	18
Fig. 4. O batuiruçu <i>Pluvialis dominica</i> é um migrante neártico que utiliza os campos do Sul do Brasil para descanso e alimentação.....	19
Fig. 5. Indivíduos da espécie <i>Charadrius semipalmatus</i> (batuíra-de-bando) na beira da praia onde busca alimento.....	20
Fig. 6. Indivíduo da espécie <i>Tringa melanoleuca</i> (maçarico-grande-de-perna-amarela) buscando alimento em área alagada.....	21
Fig. 7. <i>Calidris fuscicollis</i> (maçarico-de-sobre-branco) alimentando-se em plano de lama.....	22
Fig. 8. <i>Calidris melanotos</i> (maçarico-de-colete) na ilha da Torotama.....	23
Fig. 9. <i>Calidris subruficollis</i> (maçarico-acanelado) utiliza área de campo alagado para alimentação e descanso.....	24
Fig. 10. Indivíduo da espécie <i>Nycticryphes semicollaris</i> (narceja-de-bico-torto) capturado com rede de neblina para coleta de amostra de sangue e análise isotópica.....	25

CAPÍTULO 1. Dieta e preferência alimentar de Charadriiformes no sul do Brasil

Fig. 1. Mapa da área de estudo na ilha da Torotama, localizada na planície costeira do Rio Grande do Sul, no sul do Brasil.....	66
Fig. 2. Valores de $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$ de potenciais itens alimentares (símbolos cheios) e valores da assinatura isotópica no sangue das aves Charadriiformes amostradas na ilha da Torotama (símbolos vazios). Valores das fontes corrigidos com fator de discriminação (2,9‰ para $\delta^{15}\text{N}$ e 1,3‰ para $\delta^{13}\text{C}$). Mol = Mollusca; Col = Coleoptera; For = Formicidae; Lep = Lepidoptera; Cbai = <i>Calidris bairdii</i> ; Cfus = <i>Calidris fuscicollis</i> ; Csub = <i>Calidris subruficollis</i> ; Nsem = <i>Nycticryphes semicollaris</i> ; Pdom = <i>Pluvialis dominica</i> ; Vchi = <i>Vanellus chilensis</i>	67

Fig. 3. Representação gráfica da abundância (eixo y) em função da frequência de ocorrência (eixo x) dos itens alimentares registrados nas fezes de Charadriiformes amostrados na ilha da Torotama no verão 2014/2015. Mol = Mollusca; Col = Coleoptera; For = Formicidae; Lep = Lepidoptera; Odo = Odonata; Dip = Diptera; Sem = Semente; Ara = Arachnida; Tri = Trichoptera; Hem = Hemiptera.....	68
Fig. 4. Resultado do modelo bayesiano de mistura isotópica , com intervalos de credibilidade de 95, 75 e 25% (tons de cinza no centro, adjacentes e bordas, respectivamente) para Mollusca (Mol), Coleoptera (Col), Formicidae (For) e Lepidoptera (Lep). O gráfico mostra a contribuição estimada das diferentes potenciais fontes alimentares para as assinaturas isotópicas encontradas no sangue de Charadriiformes na ilha da Torotama.....	70
Fig. 5. Nicho isotópico das aves Charadriiformes no espaço delta (δ), baseado em áreas de elipse de padrão corrigida (SEAc).....	71

RESUMO

Os campos úmidos da planície costeira do Rio Grande do Sul abrigam diversas aves Charadriiformes, conhecidas como maçaricos e batuíras. Os invertebrados são os principais itens da dieta dessas aves, portanto fundamentais na estruturação e na dinâmica desses ecossistemas. A maioria das espécies de maçaricos e batuíras é migratória e, portanto, ocupa esses ambientes apenas durante parte do ano. Uma vez que essas espécies possuem métodos de forrageio e dieta similares, ao alimentarem-se no mesmo ambiente é esperado certo grau de sobreposição de nicho trófico entre elas. Essa dissertação tem como objetivo descrever e comparar o nicho trófico e a dieta de Charadriiformes migratórios e residentes na ilha da Torotama, estuário da Lagoa dos Patos, sul do Brasil, entre dezembro de 2014 e fevereiro de 2015. Para determinar a ecologia trófica de nove espécies foram utilizadas metodologias complementares: coleta de fezes de seis espécies de aves e coleta de sangue de seis espécies para análise de isótopos estáveis de carbono e nitrogênio. Três espécies estudadas tiveram amostras analisadas para ambos os métodos. Coleta de invertebrados foi realizada para determinar a comunidade de potenciais presas dessas aves. Coleoptera foi o táxon mais abundante nas fezes de todas as espécies de aves. A espécie que apresentou maior amplitude de nicho trófico foi *Calidris subruficollis* e a menor foi *Charadrius semipalmatus*. Foi observada alta sobreposição de nicho trófico na dieta das espécies. Modelos de mistura isotópica indicaram Mollusca e Coleoptera como principal fonte alimentar das espécies. A espécie que apresentou maior amplitude de nicho isotópico foi *Pluvialis dominica* e a espécie que apresentou menor amplitude foi *Nycticryphes semicollaris*. Todas as aves apresentaram preferência por alguma presa em detrimento de outras, e a maioria apresentou hábito alimentar generalista. Este hábito generalista é vantajoso para espécies migratórias e que ocorrem em diferentes ambientes, como campos inundáveis, importantes áreas de alimentação das espécies durante o período não-reprodutivo.

Palavras-chave: batuíras, ecologia alimentar, dieta, isótopos estáveis, maçaricos, macroinvertebrados.

ABSTRACT

Wetlands of Rio Grande do Sul coastal plain are important for several shorebirds, such as plovers and sandpipers. Invertebrates are the major food items of shorebirds, important for the structure and dynamics of wetlands. Most shorebirds are migratory and therefore use these environments only during non-breeding season. Because shorebirds have similar morphology, diet and foraging methods, by sharing foraging areas, we expected some trophic niche overlap between them. This study aimed to describe and compare diets and trophic niches of migratory and resident Charadriiformes on Torotama Island, Lagoa dos Patos Estuary, in southern Brazil, between December 2014 and February 2015. In order to determine trophic ecology from nine shorebird species, we used complementary methodologies: diet of six species determined through analysis of feces, and stable isotopes of carbon and nitrogen from whole blood in six bird species. Three species had faecal and isotopic samples analyzed. We also sampled the invertebrate community in the area to determine their potential prey. Coleoptera was the most abundant group in feces of all shorebird species. We observed high trophic niche overlap in diet of shorebirds. The highest niche breadth was observed for *Calidris subruficollis* and the lowest was observed for *Charadrius semipalmatus*. We observed high trophic niche overlap between species. Stable isotope mixing models indicated Mollusca and Coleoptera as the main food sources for shorebirds. The highest isotopic niche breadth was observed for *Pluvialis dominica* and the lowest for *Nycticryphes semicollaris*. Most shorebird species prefer some prey over others, although they have generalist diets. Generalist foraging habit is advantageous for migratory species that occur in distinct and heterogeneous environments such as floodplains, important feeding areas for shorebirds species during the non-breeding season.

Key-words: diet, feeding ecology, macroinvertebrates, plover, sandpipers, stable isotopes.

INTRODUÇÃO GERAL

Nicho ecológico e sobreposição de nicho

Segundo Hutchinson (1957), o nicho ecológico de uma espécie é o hipervolume n -dimensional definido num sistema de eixos, de recursos e condições ambientais, onde a espécie consegue manter-se. Esse conceito é um dos pilares do pensamento ecológico (Begon et al. 2007). O nicho ecológico de uma espécie deve expressar a relação do indivíduo com todos os aspectos do seu habitat. Considerando apenas uma dimensão, o nicho pode assumir uma curva em forma de sino e a sobreposição de nichos seria então a área de interseção de dois nichos, ou seja, parte do recurso efetivamente explorada por duas espécies (Begon et al. 2007).

O nicho trófico, geralmente determinado através de análise da dieta, um dos componentes do nicho mais frequentemente estudados, representa a posição das espécies nas cadeias tróficas e é utilizado para caracterizar a estrutura das comunidades (Bearhop et al. 2004). Se um recurso alimentar compartilhado pelas espécies é um fator limitante, ocorre competição interespecífica (Begon et al. 2007).

Para os organismos que possuem métodos de forrageio e dieta similares, ao alimentarem-se no mesmo ambiente, é esperado no mínimo certo grau de competição inter e intraespecífica (Terborgh e Diamond 1970). A competição seria evidenciada à medida que o recurso alimentar fosse um recurso limitante para a coexistência dessas espécies. A competição interespecífica pode desempenhar um papel determinante na estrutura de comunidades e para ajudar a esclarecer a relação entre as espécies competidoras, pode-se medir o grau de sobreposição de nicho entre elas. Espécies de competidores que coexistem devem apresentar alguma diferenciação em seu nicho efetivo, padrão associado ecológica e evolutivamente para evitar a exclusão competitiva (Begon et al. 2007). Uma maneira de reduzir a competição por recursos seria apresentar uma maior flexibilidade na utilização destes recursos pelas espécies coocorrentes.

Um exemplo dessa flexibilidade é a alimentação oportunista apresentada por aves migratórias durante o período não reprodutivo (Andrei et al. 2009). Em algumas regiões, grandes bandos multiespecíficos se aglomeram em zonas com alta concentração de presas, e ao se alimentarem de uma diversidade maior de presas, diminui-se a competição (Davis e Smith 2001).

Áreas úmidas

As áreas úmidas (AUs) são, em termos gerais, zonas onde a saturação de água é o principal fator que determina a caracterização do ambiente e das comunidades animais e vegetais que nele ocorrem. Essas áreas caracterizam-se por terem seu substrato saturado por água, permanente ou periodicamente (Cowardin et al. 1979). A Convenção sobre Zonas Úmidas de Importância Internacional, ou Convenção de Ramsar, estabelecida em 1971, é um tratado que define medidas para promover a conservação e o manejo das áreas úmidas no mundo. Nessa convenção adotou-se como definição de áreas úmidas “extensões de pântanos costeiros, marismas, turfeiras, ou águas de regimes naturais ou artificiais, permanentes ou temporários, contendo água corrente ou estagnada, doce, salobra ou salgada, incluindo as zonas costeiras cuja profundidade não ultrapasse seis metros em maré baixa” (Ramsar 2007). Segundo Junk et al. (2014), “áreas úmidas são ecossistemas localizados na interface entre ambientes aquáticos e terrestres, podendo ser continental ou costeiro, natural ou artificial, permanente ou periodicamente inundado por águas rasas ou com solos encharcados. Suas águas podem ser doce, altamente ou levemente salinas. As áreas úmidas são o lar de comunidades vegetais e animais específicos adaptados à sua dinâmica hidrológica.”

As AUs eram vistas anteriormente apenas como áreas de transição entre ambientes aquáticos e terrestres. Atualmente esses ambientes são reconhecidos como ecossistemas que apresentam características peculiares e uma complexa rede de interações ecológicas entre os organismos (Anderson e Davis 2013). No entanto, apesar de sua importância, as AUs estão entre os ecossistemas mais ameaçados pela ação do homem (Junk et al. 2014). Estima-se que mais de 50% das AUs já foram destruídas ou comprometidas (Mitsch e Gosselink 2008), e dentre as principais ameaças para a conservação das AUs brasileiras está a transformação nas formas de uso da terra, como por exemplo, drenagem para agricultura e pecuária, crescimento urbano, queimadas, retirada da vegetação e barragens (Bakker 1985; Fearnside 2001; Junk et al. 2014).

Embora não existam levantamentos exatos no Brasil, estima-se que aproximadamente 20% de todo o território nacional pode ser considerado área úmida (Junk et al. 2011). Na planície costeira do extremo sul do Brasil esses ambientes predominam, cuja feição mais característica é o complexo Lagoa dos Patos-Mirim, com área de aproximadamente 14 mil km². A região costeira caracteriza-se pelo Estuário da Lagoa dos Patos, águas costeiras, praias e dunas. O estuário da Lagoa dos Patos

(coordenadas centrais 31°58'S; 052°07'W) apresenta uma área de aproximadamente 970 km² (Asmus 1998). Durante a maré baixa possui praias arenosas ricas em invertebrados bentônicos (Bemvenuti 1998). As margens do estuário e de suas ilhas são alagadas principalmente por águas salobras, com vegetação composta por macrófitas (Costa 1998). A maior parte das áreas interiores e marginais das ilhas do estuário constituem marismas esporadicamente alagadas.

Na ilha da Torotama (31°55'S; 052°10'W; Fig. 1), local do presente estudo, a região entre-marés é ocupada pelas marismas com predomínio da espécie vegetal *Spartina densiflora* Brongn. e *Bolboschoenus maritimus* (L) Palla. Clareiras naturais como planos de lama são colonizadas por plantas suculentas da espécie *Salicornia gaudichaudiana* Mog. (Costa 1998).

Nas marismas, o pisoteio do gado pode alterar a compactação do solo, e o principal impacto é a alteração na composição da comunidade vegetal. Uma das espécies mais pastejadas é *S. densiflora* (Costa 2009; Marangoni e Costa 2009).

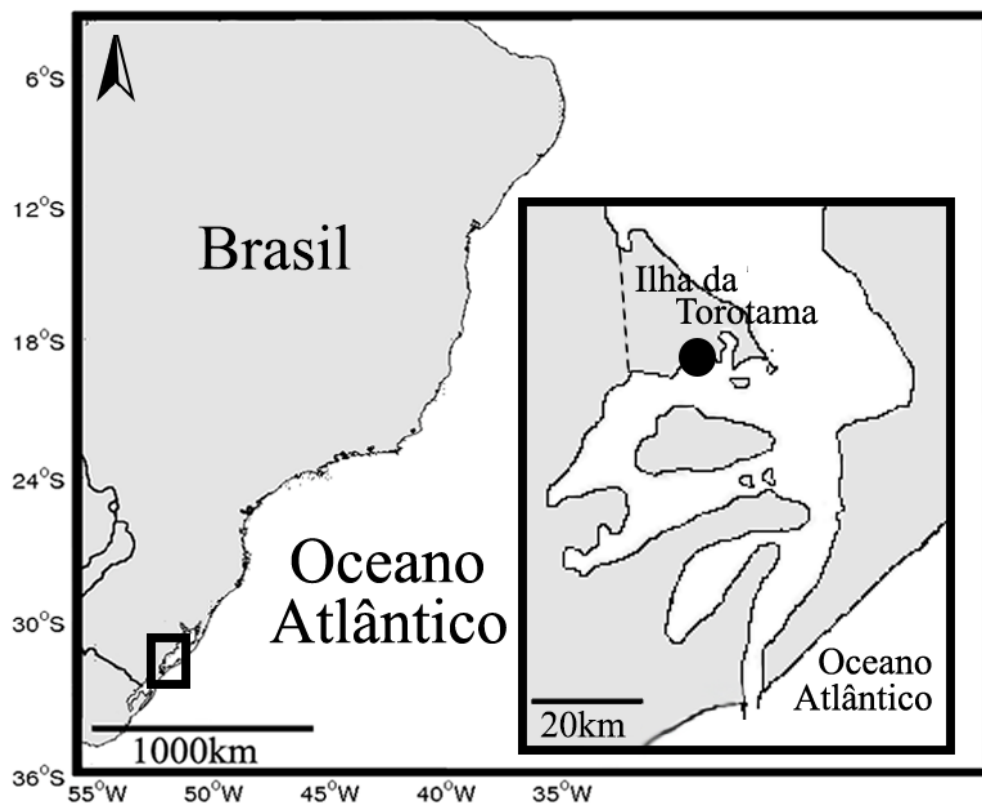


Figura 1. Mapa da área de estudo, evidenciando a ilha da Torotama, no sul do Brasil.

Aves no Estuário da Lagoa dos Patos e regiões adjacentes

O Estuário da Lagoa dos Patos, suas marismas e regiões adjacentes abrigam diversas espécies de aves. A região é considerada como uma área importante para a conservação dos Pelecaniformes na América do Sul (Kushlan e Hancock 2005). Gianuca (2010) encontrou sete espécies de garças reproduzindo-se em uma ilha no estuário. Além das espécies de garça, no local foi encontrado o maior sítio reprodutivo de colhereiro *Platalea ajaja* no Brasil, tornando este ninhal a maior colônia de Pelecaniformes já registrada no sul do país. Além das garças e do colhereiro, espécies de gaiivotas, trinta-réis, maçaricos, marrecas e cisnes frequentemente utilizam a região como refúgio, área de alimentação, descanso e reprodução (Vooren 1998). A avifauna do estuário começou a ser descrita por von Ihering (1889) e Belton (1994), em trabalhos sobre as aves do Rio Grande do Sul. Nas décadas de 80 e 90, foram realizados estudos descrevendo a composição da comunidade de aves das praias marinhas adjacentes destacando-se a riqueza e abundância de Charadriiformes (Vooren e Chiaradia 1990). Na ilha da Torotama, uma das ilhas do estuário, campos alagados abrigam 22 espécies de aves migratórias, que formam bandos de centenas de indivíduos que utilizam a área para descansar e se alimentar (Lanctot et al. 2002; Dias et al. 2011). Devido a estes estudos que evidenciaram a importância da região, inclusive servindo de abrigo para aves ameaçadas de extinção, o estuário é hoje designado como “Área Importante para a Conservação das Aves” (Bencke et al. 2006; Dias et al. no prelo).

Os macroinvertebrados e os métodos de amostragem

A comunidade de invertebrados que habitam áreas úmidas é composta principalmente por protozoários, briozoários, poríferos, cnidários, platelmintos, gastrotríquios, rotíferos, anelídeos, nematelmintos, moluscos e artrópodes (van der Valk 2006). Destacam-se os macroinvertebrados, ou seja, animais maiores que 0,5 mm e são, portanto, visíveis sem auxílio de equipamento (Pérez 1998).

Os macroinvertebrados compreendem uma assembleia diversa de organismos que habitam a interface terra/água, essenciais para o funcionamento das AUs, sendo abundantes e ricos taxonomicamente e geralmente vistos como possíveis indicadores da saúde dos ecossistemas (Anderson et al. 2013). Os invertebrados das AUs possuem

ciclos de vida adaptados à dinâmica desses ambientes. Suas populações apresentam picos de abundância de acordo com as variações nas condições ambientais (Batzer et al. 1999; Mitsch e Gosselink 2008).

Esses organismos são vitais na ciclagem de nutrientes e fluxo de energia nas teias tróficas, pois fazem a conexão entre produtores primários e níveis tróficos superiores (Kratzer e Batzer 2007), uma vez que servem de alimento para diversos organismos. Esses animais são o principal alimento das aves costeiras. Segundo Moreira (1997), os macroinvertebrados desempenham papel fundamental nas teias tróficas de ambientes estuarinos, sendo a base da alimentação de diversos organismos como, por exemplo, aves costeiras ou “*shorebirds*” (Hayman et al. 1986).

Existem diversos métodos para coleta de macroinvertebrados, e suas utilidades dependem de fatores como hábitos dos grupos amostrados e características do ambiente. Para amostrar uma comunidade de macroinvertebrados em ambientes heterogêneos, utilizam-se metodologias complementares. Uma metodologia comum é a instalação de armadilhas de queda (*pitfall*) para coleta dos invertebrados que vivem e deslocam-se na superfície do solo (Fig. 2A). Esse método é um dos mais utilizados para coleta de invertebrados em solo, devido ao baixo custo e à obtenção de um grande número de indivíduos (Ausden 2006; Parys e Johnson 2011; Wheeler et al. 2011). A utilização de *pitfalls* é metodologia bem estabelecida, principalmente para estudos sobre a biodiversidade entomológica em áreas terrestres (Triplehorn e Johnson 2005). São armadilhas que possuem uma série de vantagens, pois operam continuamente e resultam em amostras representativas (Clark e Blom 1992). Porém, não é indicada para estudos em ambientes sujeitos à saturação do solo pela água, uma vez que a água pode transbordar a armadilha e resultar na subestimação da quantidade de animais capturados.

Para amostragem de macroinvertebrados em ambientes aquáticos costuma-se utilizar redes de varredura ou “rede em D” (Fig. 2B). Esse método envolve a utilização de uma rede tipo puçá, com uma base em formato de D, onde a base achatada se situa na extremidade que coletará os grupos de animais que ocorrem na lâmina d’água. Existem variações na espessura de sua malha e também na área coberta em cada amostra pela varredura (Bambaradeniya et al. 2004; Maltchik et al. 2009).

Em ambientes alagados, outro método utilizado envolve a coleta de sedimento para amostragem dos macroinvertebrados bentônicos. Para coleta de sedimento utiliza-se um equipamento chamado “*core*”. Esse equipamento consiste basicamente em um

cano oco de acrílico, contendo em uma extremidade uma fina borda de metal, permitindo a perfuração do solo (Fig. 2C). O diâmetro do cano e a profundidade da perfuração variam de acordo com os grupos que se desejam amostrar (Brandimarte et al. 2004).

Por fim, para amostrar os insetos voadores utilizam-se armadilhas luminosas. Algumas são simples, como lanternas direcionadas a um pano branco durante a noite, ou mais elaboradas, como um equipamento com corpo cilíndrico com uma fonte de luz. No corpo dessa armadilha localiza-se um motor alimentado à pilha que aciona uma hélice, sugando os insetos vivos atraídos para a luz para dentro de um saco coletor (Pugedo et al. 2005; Fig. 2D).

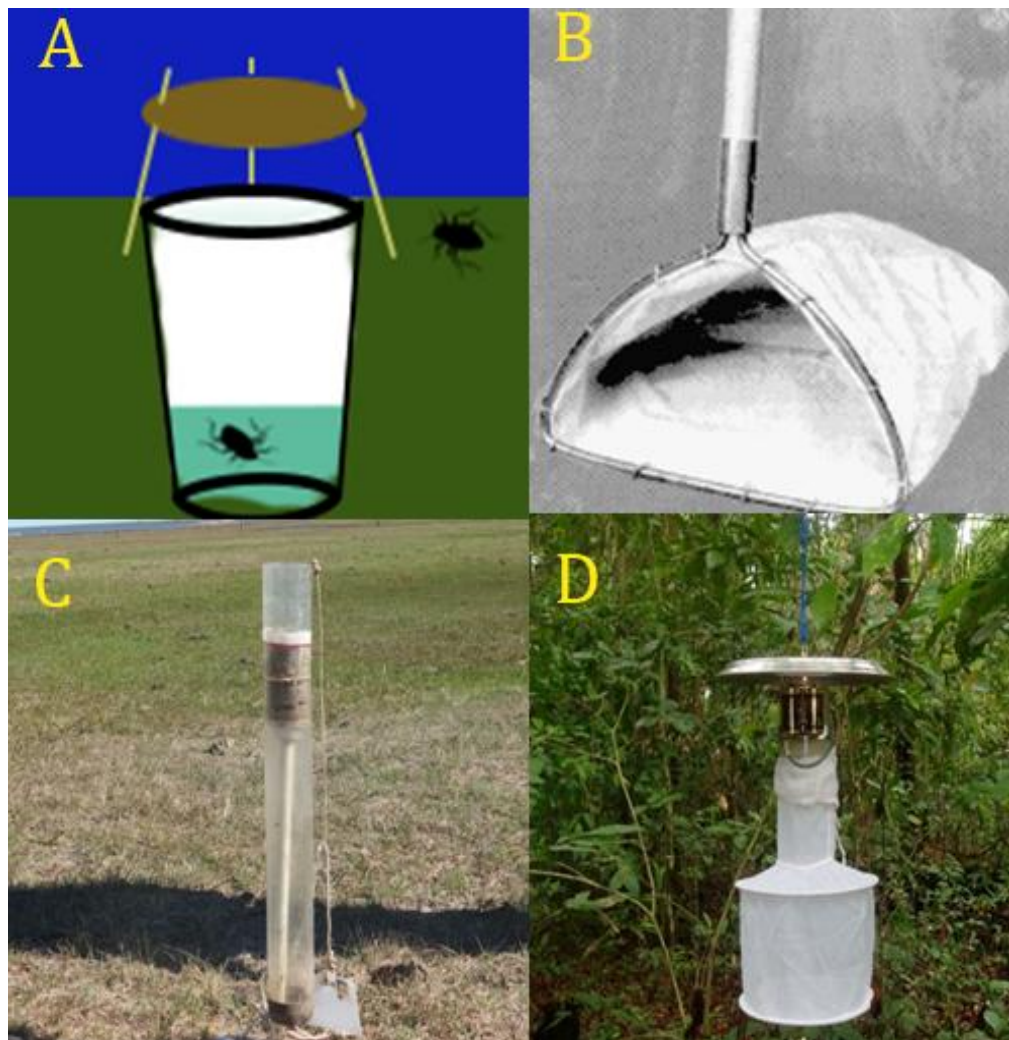


Figura 2. Equipamentos para amostragem de macroinvertebrados. *Pitfall* (A), rede de varredura (B) core (C) e armadilha luminosa (D). Foto (D): Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá - IEPA.

Aves Charadriiformes neste estudo

Neste trabalho foram estudadas aves costeiras pertencentes a três famílias: Charadriidae, Scolopacidae e Rostratulidae. A maioria das aves costeiras pertence às famílias Charadriidae e Scolopacidae (Hayman et al. 1986). Cerca de 80%, de um total de 38 espécies de aves dessas famílias com ocorrência registrada no Brasil, são migratórias (Piacentini et al. 2015), e utilizam diferentes habitats do país para descansar e se alimentar, antes de retornarem às áreas reprodutivas. Os animais migratórios transportam nutrientes, energia e outros organismos entre ambientes. Com isso, são capazes de alterar a estrutura e a dinâmica de comunidades, e as relações tróficas entre organismos durante suas rotas migratórias (Bauer e Hoye 2014). Weber e Haig (1997) descreveram uma assembleia de aves costeiras migratórias que reduziu em até 50% a biomassa e a abundância de invertebrados de sua área de invernagem. Durante o período em que passam se alimentando nesses locais, as aves podem chegar a dobrar sua massa corporal antes de retornarem aos locais de reprodução (Hicklin e Smith 1979).

As aves Charadriidae são popularmente conhecidas como batuíras, e são geralmente encontradas em áreas abertas, onde se alimentam de pequenos invertebrados como moluscos, insetos e crustáceos. São predadores visuais, que realizam pequenas corridas seguidas de bruscas paradas para detectar suas presas. Uma vez detectado, o alimento é capturado pelo bico, o qual possui diversos receptores táteis (Piersma e Wiersma 1996). São cosmopolitas e 11 espécies ocorrem no Brasil (Piacentini et al. 2015), dentre as quais oito são registradas no Rio Grande do Sul (Bencke et al. 2010). Destas, o quero-quero *Vanellus chilensis* (Molina, 1782) é considerada residente, enquanto o batuiruçu *Pluvialis dominica* (Statius Muller, 1776) e a batuíra-de-bando *Charadrius semipalmatus* Bonaparte, 1825 são espécies migratórias oriundas da região Neártica.

Vanellus chilensis (Fig. 3) é uma espécie residente na região (Sick 1997). Habita campos secos, além de margens de rios, lagoas, praias e outras áreas alagadas (Belton 1994). Além de invertebrados, pode se alimentar também de sementes e pequenos peixes, que captura utilizando o movimento de suas patas na água para perturbar suas presas (Piersma e Wiersma 1996; Caballero-Sadi et al. 2007).



Figura 3. O quero-quero *Vanellus chilensis* é uma ave Charadriidae residente e comum nos campos do Rio Grande do Sul.

Pluvialis dominica (Fig. 4) se reproduz na tundra ártica, ao norte do Canadá e do Alasca, e apresenta como principais áreas de invernagem o Rio Grande do Sul, além de Paraguai, Bolívia, Chile, Uruguai e Argentina. Nesses locais habita principalmente pradarias, campos alagados e áreas litorâneas (Johnson e Connors 1996). É uma ave que se alimenta predominantemente de invertebrados, consumindo ocasionalmente também sementes e folhas (Zotta 1936; Brooks 1967; Piersma e Wiersma 1996).



Figura 4. O batuíruçu *Pluvialis dominica* é um migrante neártico que utiliza os campos do Sul do Brasil para descanso e alimentação.

Charadrius semipalmatus (Fig. 5) é uma batuíra migratória, que reproduz-se na região ártica e subártica. No período de invernagem pode ser encontrada em pequenos grupos, em praias arenosas, locais com baixa vegetação, beiras de lagoas e pradarias, geralmente perto do litoral alimentando-se de invertebrados como larvas de insetos e moluscos (Belton 1994; Piersma e Wiersma 1996).



Figura 5. Indivíduos da espécie *Charadrius semipalmatus* (batuíra-de-bando) na beira da praia onde busca alimento.

Scolopacidae contém 30 espécies com ocorrência registrada no Brasil (Piacentini et al. 2015), das quais 23 (77%) são encontradas no Rio Grande do Sul (Bencke et al. 2010). Conhecidos popularmente como maçaricos, as aves dessa família possuem bicos com grande variedade morfológica. O comprimento e formato dos bicos dessas aves estão intimamente relacionados à sua alimentação (Piersma et al. 1996). Ocupam diversos habitats, geralmente com substrato úmido e pouco denso, onde penetram seus bicos providos de receptores táteis à procura de suas presas. Apresentam tática de forrageio menos dependente da localização visual da presa, se comparados às batuíras (Piersma et al. 1996). Dentre essas aves, o maçarico-grande-de-perna-amarela *Tringa melanoleuca* (Gmelin, 1789); o maçarico-acanelado *Calidris subruficollis* (Vieillot, 1819), o maçarico-de-sobre-branco *Calidris fuscicollis* (Vieillot, 1819), o maçarico-de-bico-fino *Calidris bairdii* (Coues, 1861) e o maçarico-de-colete *Calidris melanotos* (Vieillot, 1819) reproduzem-se no hemisfério Norte e migram para o sul durante o período não-reprodutivo (Sick 1997).

Durante o período não-reprodutivo *T. melanoleuca* (Fig. 6) habita uma ampla variedade de áreas úmidas como praias, campos alagados, lagos rasos e banhados

(Elphick e Tibbitts 1998). Além de invertebrados, alimenta-se também de pequenos peixes e anfíbios (Piersma et al. 1996; Elphick e Tibbitts 1998).



Figura 6. Indivíduo da espécie *Tringa melanoleuca* (maçarico-grande-de-perna-amarela) buscando alimento em área alagada.

Espécies do gênero *Calidris* habitam uma ampla variedade de ambientes nas áreas de invernagem, geralmente próximos ao litoral (Piersma et al. 1996) onde podem se alimentar de aranhas, insetos, moluscos, crustáceos e poliquetas, além de sementes (Drury-Jr. 1961; Holmes e Pitelka 1968; Parmelee 1992; Piersma et al. 1996; De los Ángeles e Bala 2007). O maçarico-de-sobre-branco (Fig. 7) e o maçarico-de-bico-fino são aves semelhantes, de pequeno porte que durante o período não-reprodutivo migram da região da tundra, no hemisfério Norte, para o sul da América do Sul, até a Terra do Fogo. Habitam campos, banhados, beiras de praias, lagos e lagoas (Piersma et al. 1996).



Figura 7. *Calidris fuscicollis* (maçarico-de-sobre-branco) alimentando-se em plano de lama.

Calidris melanotos (Fig. 8) é um maçarico de médio porte que se reproduz na tundra da América do Norte e Sibéria. Durante o período não-reprodutivo essa espécie migra para o sul, ocorrendo desde o Peru até o sul da Argentina, no Uruguai e Brasil, onde habita principalmente campos alagados (Belton 1994; Piersma et al. 1996).



Figura 8. *Calidris melanotos* (maçarico-de-colete) na ilha da Torotama.

Calidris subruficollis (Fig. 9) é uma ave ameaçada de extinção que vem sofrendo declínio populacional principalmente devido à destruição de habitats (BirdLife International 2012). Durante o período de invernagem migra do Ártico para a América do Sul onde habita campos com vegetação baixa, pradarias e margens de áreas alagadas (Piersma et al. 1996). Captura o alimento com seu bico curto na superfície do solo, uma vez que não apresenta a extremidade da maxila com muita capacidade tátil como outros membros da família (Lanctot e Laredo 1994).



Figura 9. *Calidris subruficollis* (maçarico-acanelado) utiliza área de campo alagado para alimentação e descanso.

A narceja-de-bico-torto *Nycticryphes semicollaris* (Vieillot, 1816) (Fig. 10) é uma das duas espécies de aves da família Rostratulidae. Essa ave é encontrada na América do Sul na Argentina, Uruguai, Chile, Paraguai e Brasil. No Brasil, ocorre em brejos e charcos, banhados, margens de rios e campos agrícolas (Kirwan 1996; Sick 1997). Vivem normalmente solitários, com hábito crepuscular e, apesar de pouco estudados, acredita-se que se alimentem basicamente de crustáceos, moluscos e insetos (Kirwan 1996).



Figura 10. Indivíduo da espécie *Nycticryphes semicollaris* (narceja-de-bico-torto) capturado com rede de neblina para coleta de amostra de sangue e análise isotópica.

Análise da dieta e ecologia alimentar

Estudos abordando a análise da dieta das aves costeiras que utilizam a metodologia de análise de conteúdo gastrointestinal necessitam da coleta dos espécimes. Davis e Smith (2001) e Andrei et al. (2009), utilizando essa metodologia, sugeriram que as aves Charadriiformes estudadas apresentaram hábito alimentar oportunista, e pequena sobreposição de nicho trófico quando se alimentavam na mesma região.

Uma técnica não invasiva para a determinação da composição de dieta, e comumente utilizada em estudos com Charadriiformes é a análise de fezes. Essa técnica possibilita a fácil obtenção de um grande número de amostras, e sem maior esforço do pesquisador. Nas fezes encontram-se geralmente estruturas não digeríveis das presas, como ossos ou estruturas com quitina. Desse modo, presas com estruturas menos suscetíveis à digestão como besouros e outros insetos podem ser superestimadas. Por outro lado, presas como anelídeos apresentam elevado grau de digestão, dificultando a identificação e podendo acarretar em uma subestimativa da contribuição da presa na dieta (Ralph et al. 1985). Utilizando essa metodologia, Isacch et al. (2005) encontraram alta sobreposição de nicho trófico entre espécies coocorrentes. Por outro lado, Lourenço et al. (2016) sugeriram em outra comunidade de Charadriiformes que as espécies

apresentaram nichos tróficos estreitos e com pequena sobreposição. De-los-Ángeles e Bala (2007) também encontraram pequena sobreposição de nicho trófico em duas espécies coocorrentes, que embora se alimentavam na mesma região e das mesmas presas, buscavam alimento em profundidades diferentes.

Estudos ecológicos envolvendo relações tróficas passaram a utilizar como metodologia complementar outro método não destrutivo, a análise de isótopos estáveis (IE) nos tecidos de consumidores e de suas potenciais presas/fontes alimentares (e.g. Barrett et al. 2007; Karnovsky et al. 2012; Silva-Costa e Bugoni 2013). Os isótopos são átomos de um mesmo elemento químico que apresentam em seu núcleo o mesmo número de prótons, e diferente número de nêutrons, razão pela qual os isótopos de um mesmo elemento apresentam massa atômica diferente (Fry 2006). Razões isotópicas de nitrogênio são comumente utilizadas para representar a estrutura trófica de ecossistemas aquáticos (Vander Zanden et al. 1997; Hussey et al. 2014) enquanto os valores de carbono são utilizados para estimar o fluxo de matéria de diferentes origens, como plantas C3 vs. C4, ambiente marinho vs. límnic e costeiro vs. oceânico (Peterson e Fry 1987; Wassenaar e Hobson 2000; Hobson 2005; Fry 2006; Barrett et al. 2007).

Para se determinar a razão isotópica de uma amostra é necessária a utilização de um equipamento chamado espectrômetro de massa de razão isotópica. Nesse equipamento as amostras são submetidas à alta temperatura, transformadas em gás e ionizadas, e então analisados por outro equipamento acoplado, denominado de analisador elementar. A composição isotópica é comparada então com um padrão conhecido (Peterson e Fry 1987). Os resultados das análises dos isótopos são expressos de acordo com a notação delta (δ), representadas em partes por mil (‰), a partir da equação de Bond e Hobson (2012):

$$\delta^{13}\text{C} \text{ ou } \delta^{15}\text{N} (\text{‰}) = [(R_{\text{amostra}}/R_{\text{padrão}}) - 1] \quad (\text{eq. 1})$$

Onde $R = {}^{13}\text{C}/{}^{12}\text{C}$ ou ${}^{15}\text{N}/{}^{14}\text{N}$. O padrão de carbono corresponde ao belemnito de *Pee Dee* e o padrão para o nitrogênio corresponde ao ar atmosférico.

A análise de IE complementa as técnicas convencionais de estudo da dieta de diversos organismos (Karnovsky et al. 2012). Enquanto os métodos convencionais propiciam a obtenção de informações sobre os itens alimentares ingeridos recentemente, a análise de IE pode revelar a proporção em que cada item é assimilado pelo

consumidor ao longo de períodos maiores, dependendo da velocidade de renovação do tecido analisado (Peterson e Fry 1987).

Nos últimos anos, estudos utilizando IE propuseram que estes podem ser utilizados como ferramenta para responder questões ligadas ao estudo de nicho ecológico (e.g. Bearhop et al. 2004; Newsome et al. 2007; Martinez-del-Rio et al. 2009; Newsome et al. 2012; Mancini e Bugoni 2014). Estudos ecológicos utilizando isótopos apresentam seus dados em espaços cartesianos onde os eixos representam a abundância relativa de cada elemento (Newsome et al. 2007). Portanto, o volume ocupado nesses espaços pode ser considerado como o nicho isotópico, ou a versão isotópica do nicho ecológico (Pérez et al. 2008).

Catry et al. (2015), utilizando essa ferramenta, encontraram que existe alta partição de recursos em Charadriiformes que coexistem em uma baía na Mauritânia, com pouca sobreposição de nicho isotópico nas espécies estudadas. Bocher et al. (2014) analisando outra comunidade de Charadriiformes no hemisfério Norte encontraram que também existe partição de recursos em pelo menos quatro grandes grupos de consumidores, enquanto Schwemmer et al. (2016) encontraram diferença no nicho isotópico de adultos e juvenis de maçaricos *Calidris alpina*.

Esses exemplos indicam a alta aplicabilidade dessas diferentes metodologias, eficientes para responder questões ecológicas importantes como a partição de recursos e nichos ecológicos. Além disso, é possível obter resultados robustos com a combinação de metodologias complementares e não invasivas, como o caso da análise de fezes e a análise de isótopos estáveis.

ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Diante das informações apresentadas, esta Dissertação conta com um capítulo (Capítulo 1) onde são abordados os temas da utilização de recursos alimentares pelas aves Charadriiformes, bem como sua estratégia alimentar e a amplitude dos nichos tróficos das espécies coocorrentes. O capítulo, redigido em formato de manuscrito tem como objetivos descrever e comparar o nicho trófico e a dieta de Charadriiformes migratórios e residentes no extremo sul do Brasil, utilizando metodologias complementares de análise de fezes e análise de isótopos estáveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anderson, J. T., e C A Davis. 2013. *Wetland Techniques*. Vol 1. Foundations. New York: Springer.
- Anderson, J. T., F. L. Zilli, L. Montalto, M. R. Marchese, M. McKinney, e Y. L. Park. 2013. Sampling and processing aquatic and terrestrial invertebrates in wetlands. In *Wetland Techniques*, ed. J. T. Anderson e C. A. Davis, Vol. 2, 143–196.
- Andrei, A. E., L. M. Smith, D. A. Haukos, J. G. Surlles, e W. P. Johnson. 2009. Foraging ecology of migrant shorebirds in saline lakes of the Southern Great Plains. *Waterbirds* 32: 138–148.
- Asmus, M. L. 1998. A planície costeira e a Lagoa dos Patos. In *Os Ecossistemas Costeiro e Marinho do Extremo Sul do Brasil*, ed. U. Seeliger, C. Odebrecht, e J. P. Castello, 7–12. Rio Grande: Ecoscientia.
- Ausden, M. 2006. Invertebrates. In *Ecological Census Techniques*, ed. W. J. Sutherland, 139–177. New York: Cambridge University Press.
- Bakker, J. P. 1985. The impact of grazing on plant communities, plant populations and soil conditions on salt marshes. *Vegetatio* 62: 398–398.
- Bambaradeniya, C. N. B., J. P. Edirisinghe, D. N. De-Silva, C. V. S. Gunatilleke, K. B. Ranawana, e S. Wijekoon. 2004. Biodiversity associated with an irrigated rice agroecosystem in Sri Lanka. *Biodiversity and Conservation* 13: 1715–1753.
- Barrett, R. T., K. Camphuysen, T. Anker-Nilssen, J. W. Chardine, R. W. Furness, S. Garthe, O. Hüppop, O. Leopold, W. A. Montevecchi, e R. R. Veit. 2007. Diet studies of seabirds: a review and recommendations. *ICES Journal of Marine Science* 64: 1675–1691.
- Batzer, D P, R B Rader, e S A Wissinger, 1999. *Invertebrates in Freshwater Wetlands of North America: Ecology and Management*. New York: John Wiley & Sons Inc.
- Bauer, S., e B. J. Hoye. 2014. Migratory animals couple biodiversity and ecosystem functioning worldwide. *Science* 344: 53–62.
- 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.
- Begon, M., J. L. Harper, e C. R. Townsend. 2007. *Ecologia - de Indivíduos a Ecossistemas*. Porto Alegre: Artmed.

- Belton, W. 1994. *Aves do Rio Grande do Sul: Distribuição e Biologia*. São Leopoldo: Unisinos.
- Bemvenuti, C. E. 1998. Invertebrados bentônicos. In *Os Ecossistemas Costeiro e Marinho do Extremo Sul do Brasil*, ed. U. Seeliger, C. Odebrecht, e J. P. Castello, 46–50. Rio Grande: Ecoscientia.
- Bencke, G. A., G. N. Maurício, P. F. Develey, e J. M. Goerck. 2006. *Áreas Importantes para a Conservação das Aves no Brasil. Parte I – Estados do Domínio da Mata Atlântica*. São Paulo: SAVE Brasil.
- 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.
- BirdLife International. 2012. *Tryngites subruficollis*. IUCN 2013. *IUCN Red List of Threatened Species. Version 2013.2*.
- Bocher, P., F. Robin, J. Kojadinovic, P. Delaporte, P. Rousseau, C. Dupuy, e P. Bustamante. 2014. Trophic resource partitioning within a shorebird community feeding on intertidal mudflat habitats. *Journal of Sea Research* 92: 115–124.
- Bond, A. L., e K. A. Hobson. 2012. Reporting stable-isotope ratios in ecology: recommended terminology, guidelines and best practices. *Waterbirds* 35: 324–331.
- Brandimarte, A. L., G. Y. Shimizu, M. Anaya, e M. L. Kuhlmann. 2004. Amostragem de Invertebrados Bentônicos. In *Amostragem em Limnologia*, ed. C. E. M. Bicudo e D. C. Bicudo, 213–230. São Carlos: Rima.
- Brooks, W. S. 1967. Organisms consumed by various migrating shorebirds. *Auk* 84: 128–130.
- Caballero-Sadi, D., P. Rocca, F. Achaval, e M. Clara. 2007. Dieta del tero *Vanellus chilensis* y abundancia de presas en el Aeropuerto Internacional de Carrasco, Canelones, Uruguay. *Informe Técnico N.º. 2 Para el Comité Nacional de Peligro Aviario (Uruguay)*: 16pp.
- Catry, T., P. M. Lourenço, R. J. Lopes, C. Carneiro, J. A. Alves, J. Costa, H. Rguibi-Idrissi, S. Bearhop, T. Piersma, e J. P. Granadeiro. 2015. Structure and functioning of intertidal food webs along an avian flyway: a comparative approach using stable isotopes. *Functional Ecology* 30: 468–478.
- Clark, W. H., e P. E. Blom. 1992. An efficient and inexpensive pitfall trap system. *Entomological News* 103: 55–59.

- Costa, C. S. B. 1998. Plantas de Marismas e Terras Alagáveis. In *Os ecossistemas Costeiro e Marinho do Extremo Sul do Brasil*, ed. U. Seeliger, C. Odebrecht, e J. P. Castello, 25–28. Rio Grande: Ecocientia.
- Costa, C. S. B. 2009. Impactos antrópicos e ameaças à conservação das marismas sulamericanas. In *2º Congresso Brasileiro de Biologia Marinha*, 99–104. Armação de Búzios.
- Cowardin, L. M., V. Carter, F. C. Golet, e E. T. Laroe. 1979. *Classification of Wetlands and Deepwater Habitats of the United States*. Washington: U.S. Fish and Wildlife Service.
- Davis, C. A., e L. M. Smith. 2001. Foraging strategies and niche dynamics of coexisting shorebirds at stopover sites in the Southern Great Plains. *Auk* 118: 484–495.
- De-los-Ángeles, M. H., e L. O. Bala. 2007. Prey selection and foraging patterns of the white-rumped sandpiper (*Calidris fuscicollis*) at Península Valdés, Argentina. *Ornitología Neotropical* 18: 37–46.
- Dias, R. A., D. Gianuca, A. T. Gianuca, A. Gomes-Júnior, R. Chiaffitelli, e W. L. S. Ferreira. 2011. Estuário da Lagoa dos Patos. In *Conservação de Aves Migratórias Neárticas no Brasil*, ed. R. M. Valente, J. M. C. Silva, F. C. Straube, e J. L. X. Nascimento, 335–341. Belém: Conservation International Brasil.
- Dias, R. A., G. N. Maurício, e L. Bugoni. No prelo. Birds of the Patos Lagoon Estuary and adjacent coastal waters, southern Brazil: species assemblages and conservation implications. *Marine Biology Research*. DOI 10.1080/17451000.2016.1209525
- Drury-Jr., W. H. 1961. The breeding biology of shorebirds on Bylot Island, Northwest Territories, Canada. *Auk* 78: 176–219.
- Elphick, C. S., e T. L. Tibbitts. 1998. Greater yellowlegs (*Tringa melanoleuca*), The Birds of North America Online. *Ithaca: Cornell Lab of Ornithology*.
- Fearnside, P. M. 2001. Soybean cultivation as a threat to the environment in Brazil. *Environmental Conservation* 1: 23–38.
- Fry, B. 2006. *Stable Isotope Ecology*. New York: Springer.
- 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, Universidade Federal do Rio Grande-FURG, Rio Grande.
- Hayman, P., J. Marchant, e T. Prater. 1986. *Shorebirds: an Identification Guide to the Waders of the World*. London: Christopher Helm.

- Hicklin, P. W., e P. C. Smith. 1979. The diets of five species of migrant shorebirds in the Bay of Fundy. *Proceedings of the Nova Scotian Institute of Science* 29: 483–488.
- Hobson, K. 2005. Stable isotopes and the determination of avian migratory connectivity and seasonal interactions. *Auk* 122: 1037–1048.
- Holmes, R. T., e F. A. Pitelka. 1968. Food overlap among coexisting sandpipers on northern Alaskan tundra. *Systematic Zoology* 17: 305–318.
- Hussey, N. E., M. A. MacNeil, B. C. McMeans, J. A. Olin, S. F. J. Dudley, G. Cliff, S. P. Wintner, S. T. Fennessy, e A. T. Fisk. 2014. Rescaling the trophic structure of marine food webs. *Ecology Letters* 17: 239–250.
- Hutchinson, G. E. 1957. Concluding remarks. *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology* 22: 415–427.
- Ihering, H. von. 1889. As aves do Estado do Rio Grande do Sul. In *Annuário do Estado do Rio Grande do Sul para o anno de 1900*, 113–154. Porto Alegre.
- Isacch, J. P., C. A. Darrieu, e M. M. Martínez. 2005. Food abundance and dietary relationships among migratory shorebirds using grasslands during the non-breeding season. *Waterbirds* 28: 238–245.
- Johnson, O. W., e P. G. Connors. 1996. American golden-plover (*Pluvialis dominica*), The Birds of North America Online.
- Junk, W. J., M. T. F. Piedade, R. Lourival, F. Wittmann, P. Kandus, D. Lacerda, R. L. Bozelli, et al. 2014. Brazilian wetlands: their definition, delineation, and classification for research, sustainable management, and protection. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 24: 5–22.
- Junk, W. J., M. T. F. Piedade, J. Schöngart, M. Cohn-Haft, J. M. Adeney, e F. Wittmann. 2011. A classification of major naturally-occurring Amazonian lowland wetlands. *Wetlands* 31: 623–640.
- Karnovsky, N. J., K. A. Hobson, e S. J. Iverson. 2012. From lavage to lipids: estimating diets of seabirds. *Marine Ecology Progress Series* 451: 263–284.
- Kirwan, G. M.. 1996. Family Rostratulidae (Painted-snipes). In *Handbook of the Birds of the World. (Volume 3): Hoatzin to Auks*, ed. J. del Hoyo, A. Elliot, e J. Sargatal, 292–301. Barcelona: Lynx Edicions.
- Kratzer, E. B., e D. P. Batzer. 2007. Spatial and temporal variation in aquatic macroinvertebrates in the Okefenokee swamp, Georgia, USA. *Wetlands* 27: 127–140.
- Kushlan, J. A., e J. A. Hancock. 2005. *The Herons*. Oxford: Oxford University Press.

- Lanctot, R. B., D. E. Blanco, R. A. Dias, J. P. Isacch, A. G. Verena, J. A. Almeida, K. Delhey, P. F. Petracci, G. A. Bencke, e R. A. Balbuena. 2002. Conservation status of the buff-breasted sandpiper: Historic and contemporary distribution and abundance in South America. *Wilson Bulletin* 114: 44–72.
- Lanctot, R. B., e C. D. Laredo. 1994. buff-breasted sandpiper (*Tryngites subruficollis*), The Birds of North America Online. *Ithaca: Cornell Lab of Ornithology*.
- Lourenço, P. M., T. Catry, T. Piersma, e J. P. Granadeiro. 2016. Comparative feeding ecology of shorebirds wintering at Banc d'Arguin, Mauritania. *Estuaries and Coasts* 39: 855–865.
- Maltchik, L., C. Stenert, M. R. Spies, e A. E. Siegloch. 2009. Diversity and distribution of Ephemeroptera and Trichoptera in Southern Brazil wetlands. *Journal of the Kansas Entomological Society* 82: 160–173.
- Mancini, P. L., e L. Bugoni. 2014. Resources partitioning by seabirds and their relationship with other consumers at and around a small tropical archipelago. *ICES Journal of Marine Science* 71: 2599–2607.
- Marangoni, J. C., e C. S. B. Costa. 2009. Diagnóstico ambiental das marismas no estuário da Lagoa dos Patos - RS. *Atlântica* 31: 85–98.
- Martinez del Rio, C., P. Sabat, R. Anderson-Sprecher, e S. P. Gonzales. 2009. Dietary and isotopic specialization: the isotopic niche of three *Cinclodes* ovenbirds. *Oecologia* 161: 149–159.
- Mitsch, W. J., e J. G. Gosselink. 2008. *Wetlands*. Hoboken: John Wiley & Sons Inc.
- Moreira, F. 1997. The importance of shorebirds to energy fluxes in a food web of a south European estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 44: 67–78.
- Newsome, S. D., C. Martínez del Rio, S. Bearhop, e D. L. Phillips. 2007. A niche for isotopic ecology. *Frontiers in Ecology and the Environment* 5: 429–436.
- Newsome, S. D., J. D. Yeakel, P. V. Wheatley, e M. T. Tinker. 2012. Tools for quantifying isotopic niche space and dietary variation at the individual and population level. *Journal of Mammalogy* 93: 329–341.
- Parmelee, D. F. 1992. White-rumped sandpiper (*Calidris fuscicollis*), The Birds of North America Online. *Ithaca: Cornell Lab of Ornithology*.
- Parys, K. A., e S. J. Johnson. 2011. Collecting insects associated with wetland vegetation: an improved design for a floating pitfall trap. *Coleopterists Bulletin* 64: 341–344.

- Pérez, G. E., J. E. Schondube, e C. M. Del-Rio. 2008. Isótopos estables en ornitología: una introducción breve. *Ornitología Neotropical* 19: 95–112.
- Pérez, G. R. 1998. *Guía para el Estudio de los Macroinvertebrados del Departamento de Antioquia*. Bogotá: Editorial Presencia Ltda.
- Peterson, B. J., e B. Fry. 1987. Stable isotopes in ecosystem studies. *Annual Review of Ecology and Systematics* 18: 293–320.
- Piacentini, V. Q., A. Aleixo, C. E. Agne, G. N. Maurício, J. F. Pacheco, G. A. Bravo, G. R. R. Brito, et al. 2015. Annotated checklist of the birds of Brazil by the Brazilian Ornithological Records Committee. *Revista Brasileira de Ornitologia* 23: 91–298.
- Piersma, T., J. Van-Gils, e P. Wiersma. 1996. Family Scolopacidae (Sandpipers, Snipes and Phalaropes). In *Handbook of the Birds of the World. (Volume 3): Hoatzin to Auks*, ed. J. del Hoyo, A. Elliot, e J. Sargatal, 444–526. Barcelona: Lynx Edicions.
- Piersma, T., e P. Wiersma. 1996. Family Charadriidae (Plovers). In *Handbook of the Birds of the World. (Volume 3): Hoatzin to Auks*, ed. J. del Hoyo, A. Elliot, e J. Sargatal, Josep del, 384–442. Barcelona: Lynx Edicions.
- Pinto-Coelho, R. M. 2000. *Fundamentos em Ecologia*. Porto Alegre: Artmed.
- Pugedo, H., R. A. Barata, J. C. França-Silva, J. C. Silva, e E. S. Dias. 2005. HP: um modelo aprimorado de armadilha luminosa de sucção para a captura de pequenos insetos. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical* 38: 70–72.
- Ralph, C. P., S. E. Nagata, e C. J. Ralph. 1985. Analysis of droppings to describe diets of small birds. *Journal of Field Ornithology* 56: 165–174.
- Ramsar. 2007. What are wetlands? Ramsar Convention on Wetlands, Gland, Switzerland (Ramsar Information Paper No. 1). <<http://www.ramsar.org/about/info2007-01-e.pdf>>.
- Schwemmer, P., C. C. Voigt, A. Corman, S. Adler, e S. Garthe. 2016. Body mass change and diet switch tracked by stable isotopes indicate time spent at a stopover site during autumn migration in dunlins *Calidris alpina alpina*. *Journal of Avian Biology*. doi: 10.1111/jav.00873.
- Sick, H. 1997. *Ornitologia Brasileira*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira.
- Silva-Costa, A., e L. Bugoni. 2013. Feeding ecology of kelp gulls (*Larus dominicanus*) in marine and limnetic environments. *Aquatic Ecology* 47: 211–224.
- Terborgh, J., e J. M. Diamond. 1970. Niche overlap in feeding assemblages of New Guinea birds. *Wilson Bulletin* 82: 29–52.

- Triplehorn, C. A., e N. F. Johnson. 2011. *Estudo dos Insetos*. São Paulo: Cengage Learning.
- van der Valk, A. 2006. *The Biology of Freshwater Wetlands*. Oxford: Oxford University Press.
- Vander Zanden, M. J., G. Cabana, e J. B. Rasmussen. 1997. Comparing trophic position of freshwater fish calculated using stable nitrogen isotope ratios ($\delta^{15}\text{N}$) and literature dietary data. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 54: 1142–1158.
- Vooren, C. M. 1998. Aves Marinhas e Costeiras. In *Os Ecossistemas Costeiro e Marinho do Extremo Sul do Brasil*, ed. U. Seeliger, C. Odebrecht, e J. P. Castello, 170–176. Rio Grande: Ecoscientia.
- Vooren, C. M., e A. Chiaradia. 1990. Seasonal abundance and behavior of coastal birds on Cassino Beach, Brazil. *Ornitología Neotropical* 1: 9–24.
- Wassenaar, L. I., e K. A. Hobson. 2000. Stable-carbon and hydrogen isotope ratios reveal breeding origins of red-winged blackbirds. *Ecological Applications* 10: 911–916.
- Weber, L. M., e S. M. Haig. 1997. Shorebird-prey interactions in South Carolina coastal soft sediments. *Canadian Journal of Zoology* 75: 245–252.
- Wheater, C. P., J. R. Bell, e P. A. Cook. 2011. *Practical Field Ecology: A Project Guide*. Hoboken: John Wiley & Sons.
- Zotta, A. R. 1936. Sobre el contenido estomacal de aves argentinas. *Hornero* 6: 261–270.

CAPÍTULO 1

Dieta e preferência alimentar de Charadriiformes no sul do Brasil

Fernando Azevedo Faria, Edélti Faria Albertoni e Leandro Bugoni

Artigo formatado de acordo com as normas para submissão ao periódico *Estuaries and Coasts*, exceto o idioma.

Dieta e preferência alimentar de Charadriiformes no Sul do Brasil

Fernando Azevedo Faria^{1,2,3,*}, Edélti Faria Albertoni^{2,3} e Leandro Bugoni^{1,3}

¹ Laboratório de Aves Aquáticas e Tartarugas Marinhas (LAATM), Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Rio Grande (FURG), Campus Carreiros, CP 474, CEP 96203-900, Rio Grande, Rio Grande do Sul, Brasil

² Laboratório de Limnologia, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Rio Grande (FURG), Campus Carreiros, CP 474, CEP 96203-900, Rio Grande, Rio Grande do Sul, Brasil

³ Programa de Pós-Graduação em Biologia de Ambientes Aquáticos Continentais, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Rio Grande (FURG), Campus Carreiros, Avenida Itália s/n, CP 474, 96203-900, Rio Grande, RS, Brasil

*Autor correspondente: fernandofariaf@yahoo.com.br

Resumo

A teoria de nicho prediz que espécies simpátricas devem ser ecologicamente diferentes em alguns aspectos para permitir a coexistência e reduzir a competição por recursos-chave. Alimento é um recurso-chave para qualquer espécie, mas fundamental nos locais de invernagem ou acondicionamento pré-migratório, para aquelas espécies que precisam acumular reservas para a migração. Os campos úmidos da planície costeira do Rio Grande do Sul abrigam diversas espécies de aves Charadriiformes, conhecidas como maçaricos e batuíras. Uma vez que essas espécies possuem morfologia, métodos de forrageio e dieta similares, ao alimentarem-se no mesmo ambiente é esperado certo grau de sobreposição de nicho trófico interespecífico. Este estudo teve como objetivo descrever e comparar o nicho trófico e a dieta de Charadriiformes migratórios e residentes na ilha da Torotama, extremo sul do Brasil, utilizando metodologias complementares. No verão 2014–2015 a dieta foi determinada através da análise de fezes e de isótopos estáveis de carbono e nitrogênio no sangue das aves e potenciais presas. Invertebrados foram coletados com quatro métodos e utilizados para determinar a comunidade de invertebrados da região e inferir eletividade e preferência das aves. Coleoptera foi o táxon mais abundante nas fezes de todas as espécies de aves. A espécie que apresentou maior amplitude de nicho trófico foi *Calidris subruficollis* e a menor foi *Charadrius semipalmatus*. Foi observada alta sobreposição de nicho trófico na dieta das espécies. Modelos de mistura isotópica indicaram Mollusca e Coleoptera como as principais fontes alimentares das espécies. A ave que apresentou maior amplitude de nicho isotópico foi *Pluvialis dominica* e a menor amplitude foi *Nycticryphes semicollaris*. Todas as espécies apresentaram preferência por alguma presa em detrimento de outras, e uma dieta generalista na maioria das espécies. Este hábito generalista é vantajoso para espécies migratórias e que usam diversos ambientes heterogêneos, como campos inundáveis, importantes áreas de alimentação das espécies durante o período não-reprodutivo.

Palavras-chave: Amplitude de nicho, Batuíras, Dieta, Maçaricos, Preferência alimentar

Introdução

Animais migratórios, como algumas aves, ocorrem e se alimentam em diferentes regiões e, portanto, é vantajoso que se adaptem a uma maior variabilidade de fontes alimentares (Skagen e Knopf 1994; Skagen e Oman 1996; Davis e Smith 1998). As aves costeiras Charadriiformes estão entre os animais que realizam as maiores migrações do planeta (Thompson 1973; Johnson 2003; Gill-Jr et al. 2005). Diversas espécies desta ordem reproduzem-se no hemisfério Norte e durante o verão austral migram para o sul, chegando até o extremo sul da América do Sul. Durante a migração as espécies utilizam áreas chamadas de “áreas de condicionamento” onde descansam e se alimentam, acumulando reservas na forma de gordura para a etapa seguinte da migração (Piersma et al. 1996; Piersma e Wiersma 1996).

As áreas úmidas estão entre os ambientes mais utilizados por Charadriiformes migratórios como áreas de parada e invernagem. Esses locais são caracterizados por serem habitats dinâmicos, sofrendo modificações devido a fatores como intensidade de chuvas, marés e sazonalidade (Davis e Smith 2001). Por causa da dinâmica desses ambientes, as aves que se alimentam nesses locais devem encontrar variações nos recursos alimentares. Em resposta a essas variações, as aves costeiras migratórias devem apresentar capacidade de alimentação generalista para suprir suas necessidades nutricionais (Skagen e Knopf 1994; Skagen e Oman 1996; Davis e Smith 1998).

A planície costeira do RS apresenta locais de reconhecida importância para aves migratórias como, por exemplo, a região estuarina da Lagoa dos Patos (Vooren 1998; Bencke et al. 2006). Estudos sugerem que planos de lama de regiões entremarés do estuário são utilizados como áreas de parada para aves migratórias, principalmente aquelas pertencentes às famílias Charadriidae e Scolopacidae (Vooren 1998; Ferreira et al. 2005; Dias et al. no prelo). Nas áreas de invernagem, essas aves ocorrem e partilham recursos com espécies residentes, que utilizam essas regiões durante o ano todo (Belton 1994; Piersma e Wiersma 1996; Sick 1997; Vooren 1998). É sabido que essas espécies alimentam-se de diversos invertebrados como anelídeos, besouros, formigas e moluscos (Brooks 1967; Alexander et al. 1996; Isacch et al. 2005; Caballero-Sadi et al. 2007). Porém, faz-se necessário compreender de maneira mais clara de que forma esses recursos são compartilhados, e qual a importância de cada presa para as diferentes espécies de aves. Uma das maneiras de caracterizar a estrutura de comunidades é através da análise de nicho trófico (Bearhop et al. 2004).

Segundo Hutchinson (1957), o nicho ecológico de uma espécie é o hipervolume n -dimensional definido num sistema de eixos, de recursos e condições ambientais, onde a espécie consegue manter-se. O nicho trófico, geralmente determinado através de análise da dieta, é um dos componentes do nicho mais frequentemente estudados. Representa a posição das espécies nas cadeias tróficas e é utilizado para caracterizar a estrutura de comunidades (Bearhop et al. 2004). Espécies com nichos mais estreitos, denominadas “especialistas”, provavelmente são favorecidas em ambientes estáveis e homogêneos. Espécies com nichos mais amplos, denominadas de “generalistas”, podem favorecer-se da heterogeneidade e variabilidade do ambiente em que vivem (Kassen 2002; Dennis et al. 2011).

Diversos estudos abordando a análise da dieta das aves costeiras utilizaram a metodologia de análise de fezes (e.g. Smith e Nol 2000; Isacch et al. 2005; Gillings e Sutherland 2007; Lourenço 2007). Essa técnica possibilita a fácil obtenção de um grande número de amostras sem maior esforço do pesquisador, além de ser um método não invasivo, porém apresenta desvantagens relacionadas à estimativa de itens alimentares mais ou menos suscetíveis à digestão (Ralph et al. 1985).

Estudos sobre relações tróficas passaram a utilizar também como metodologia complementar a análise de isótopos estáveis (AIE) nos tecidos de consumidores e de suas potenciais presas/fontes alimentares (e.g. Karnovsky et al. 2012; Silva-Costa e Bugoni 2013; Faria et al. 2016). Enquanto métodos tradicionais como a análise de fezes refletem informações sobre os itens alimentares ingeridos recentemente, a AIE reflete o alimento assimilado em diferentes escalas de tempo, dependendo da taxa de renovação do tecido analisado (Peterson e Fry 1987). Razões isotópicas de nitrogênio ($^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$, ou $\delta^{15}\text{N}$) costumam ser utilizadas para representar o nível trófico dos ecossistemas (Hussey et al. 2014), enquanto razões de carbono ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$, ou $\delta^{13}\text{C}$) são utilizadas para diferenciar as origens dos recursos alimentares, como ambiente marinho vs. ambiente límnic (Fry 2006; Barrett et al. 2007). Nos últimos anos, estudos utilizando AIE propuseram que estes podem ser utilizados como ferramenta para responder questões relacionadas ao nicho ecológico das espécies (e.g. Bearhop et al. 2004; Newsome et al. 2007; Martinez-del-Rio et al. 2009; Newsome et al. 2012). Estudos ecológicos utilizando isótopos apresentam seus dados em espaços cartesianos onde os eixos representam a abundância relativa de cada elemento (Newsome et al. 2007). Portanto, a área ocupada nesse espaço denominado nicho isotópico pode ser considerado a versão isotópica do nicho ecológico (Pérez et al. 2008).

Com base nessas informações, o presente trabalho tem como objetivos descrever e comparar o nicho trófico e a dieta de Charadriiformes migratórios e residentes em áreas úmidas no extremo sul do Brasil, utilizando metodologias complementares de análise de fezes e AIE. As hipóteses são que os nichos tróficos das aves coexistentes se sobrepõem e que elas apresentam uma dieta generalista como consequência da estratégia de vida que as força a demandar altos níveis energéticos e a se adaptar a diferentes ambientes durante seu ciclo anual.

Métodos

Área de estudo

O local de estudo está situado em uma área de campo alagado de aproximadamente 60 ha, na ilha da Torotama (31°55'S; 052°10'W), às margens do Estuário da Lagoa dos Patos, município de Rio Grande, Rio Grande do Sul (Fig. 1). O estuário da Lagoa dos Patos apresenta uma área de aproximadamente 970 km² (Asmus 1998) e possui praias arenosas ricas em invertebrados bentônicos (Bemvenuti 1998).

As marismas ocupam a região entre-marés das margens do estuário e de suas ilhas, como é o caso da ilha da Torotama, com suas margens sendo alagadas principalmente por águas salobras. A maior parte das áreas interiores e marginais das ilhas do estuário constituem marismas esporadicamente alagadas com predomínio das espécies *Spartina densiflora* e *Bolboschoenus maritimus*. Clareiras naturais com planos de lama são colonizadas por plantas suculentas da espécie *Sarcocornia gaudichaudiana* (Costa 1998). O local do estudo possui a vegetação constantemente baixa devido à intensa pastagem pelo gado (Marangoni e Costa 2009), além de áreas com solo exposto. Nesse local ocorrem grandes concentrações de maçaricos como centenas de *Pluvialis dominica*, *Calidris melanotos* e *C. subruficollis* (Lanctot et al. 2002; Dias et al. 2011).

Amostragem dos macroinvertebrados

Para determinar as potenciais presas das aves, a comunidade de macroinvertebrados foi amostrada. Durante os meses de dezembro de 2014 a fevereiro de 2015 foram realizadas três incursões a campo e foram utilizados métodos complementares de amostragem de

macroinvertebrados. Em cada mês foi instalado um total de 30 *pitfalls* para coleta dos invertebrados que vivem e deslocam-se na superfície do solo. Essas armadilhas foram constituídas de potes plásticos com 6 cm de diâmetro e 10 cm de altura, com solução de água, álcool e detergente e permaneceram ativas durante 96 h antes de serem retiradas. Coletaram-se também 27 amostras de sedimento por mês, com auxílio de testemunho de 5 cm de diâmetro, inserido a 5 cm de profundidade. Também foram coletadas 27 amostras na lâmina d'água. Foi utilizada rede de varredura com malha de 250 µm, passada sobre a lâmina d'água percorrendo 1 m de comprimento. Por fim, para amostrar os insetos voadores utilizou-se armadilha luminosa, que consiste num corpo cilíndrico com uma fonte de luz, durante 3 h seguidas, em uma noite do mês de janeiro e em uma noite do mês de fevereiro.

Após cada coleta, as amostras, com exceção das obtidas com armadilha luminosa, foram fixadas em álcool 70% e coradas com corante rosa de bengala. No laboratório, as amostras obtidas com as *pitfalls*, testemunho e rede de varredura foram triadas com peneiras de 500 µm e foram levadas ao microscópio estereoscópico. Todos os invertebrados foram quantificados e identificados ao menor nível taxonômico possível, com auxílio de guias de identificação (Merritt e Cummins 1996; Pérez 1998; Mugnai et al. 2010; Triplehorn e Johnson 2011).

Amostragem das aves Charadriiformes

Durante os meses de dezembro de 2014 a fevereiro de 2015 também foram capturadas 40 aves pertencentes a seis espécies: *Vanellus chilensis* ($n = 5$), *Pluvialis dominica* ($n = 8$), *Calidris fuscicollis* ($n = 6$), *Calidris bairdii* ($n = 6$), *Calidris subruficollis* ($n = 10$) e *Nycticryphes semicollaris* ($n = 5$). As aves foram capturadas no período da noite, entre 20:00 h e 6:00 h com auxílio de oito redes de neblina de 2,6 m de altura e 12 m de comprimento, com malha de 36 mm.

Além da utilização das redes de neblina, foram feitas capturas ativas em que dois pesquisadores percorriam a pé a área de estudo. Quando uma ave era encontrada, se utilizava uma lanterna tipo holofote de 10.000.000 velas (equivalente a 800 lumens) para desorientar as aves. Uma vez desorientada, outro pesquisador se aproximava e arremessava um aro de 1 m de diâmetro contendo uma rede com 25 mm de malha em cima da ave. Após as capturas, as aves eram colocadas em caixas individuais para a

coleta de fezes, e tinham uma amostra de sangue coletada para AIE, conforme descrito abaixo.

Composição da dieta

A composição da dieta foi investigada através da análise de fezes dos organismos. Parte das amostras de fezes foi obtida através das aves capturadas e parte mediante acompanhamento visual de bandos monoespecíficos forrageando durante o dia na área de estudo, localizadas com auxílio de binóculos (10 x 50). Para determinar a dieta das aves, foram coletadas no total 146 fezes: *Vanellus chilensis* ($n = 27$), *Pluvialis dominica* ($n = 30$), *Charadrius semipalmatus* ($n = 10$), *Tringa melanoleuca* ($n = 7$), *Calidris melanotos* ($n = 17$) e *C. subruficollis* ($n = 55$). Foram coletadas apenas fezes frescas, ainda úmidas e com formato íntegro, que foram acondicionadas individualmente em frascos com solução de etanol a 70%. Cada amostra foi examinada separadamente sob microscópio estereoscópico.

O processo de identificação das presas deu-se pelo uso de uma coleção de referência dos invertebrados coletados na área de estudo e do uso de guias de identificação, conforme descrito na amostragem dos macroinvertebrados. Foram realizadas triagens de estruturas não digeridas (*e.g.* élitros de Coleoptera e conchas de Mollusca) e as presas foram identificadas ao menor nível taxonômico possível.

Análise de isótopos estáveis

Para análise de IE foi utilizado sangue das aves, além de amostras de potenciais presas. Aproximadamente 0,1 ml de sangue foi coletado com seringa e agulha da veia braquial ou tarsal de cada ave capturada. O sangue foi armazenado em frascos plásticos de 1,5 ml e congelado.

As presas foram coletadas com auxílio de redes de varredura e entomológicas, armadilhas noturnas ou coleta direta e armazenadas em frascos. No laboratório, foram identificadas e mantidas congeladas. Para extração de lipídeos das presas foi utilizado aparelho Soxhlet com solvente éter de petróleo por 4 h (Bugoni et al. 2010).

O sangue das aves, bem como as amostras de presas foram liofilizadas, trituradas, homogeneizadas e pesadas. Aproximadamente 1 mg de cada amostra foi acondicionada

em cápsula de estanho esterilizada e enviada para análise no Laboratório de Química Analítica da Universidade da Geórgia, Estados Unidos. Um Espectrômetro de Massa de Razão Isotópica foi utilizado para análise de IE de carbono e nitrogênio. Os valores são representados em notação delta (δ), expressos em ‰, através da equação de Bond e Hobson (2012):

$$\delta^{13}\text{C} \text{ ou } \delta^{15}\text{N} (\text{‰}) = [(R_{\text{amostra}}/R_{\text{padrão}}) - 1] \quad (\text{eq. 1})$$

onde $R = {}^{13}\text{C}/{}^{12}\text{C}$ ou ${}^{15}\text{N}/{}^{14}\text{N}$. O padrão utilizado para carbono foi o Belemnito de Pee Dee, e o padrão de nitrogênio utilizado foi o ar atmosférico.

Análise de dados

Os invertebrados coletados através dos diferentes métodos foram agrupados para realização das análises. Para determinação da comunidade foram identificados ao menor nível taxonômico possível. Para a análise da dieta das aves, os invertebrados foram mantidos em níveis taxonômicos superiores (família e ordem).

Foi realizada uma ANOVA para comparar a abundância relativa dos itens alimentares na dieta entre as espécies. A amplitude de nicho alimentar de cada espécie de ave foi calculada utilizando-se o Índice de Diversidade de Shannon-Wiener (H' ; Magurran 1988), e os resultados foram comparados par a par, através de teste t . As comparações estatísticas foram realizadas em software BioEstat 5.0 (Ayres et al. 2007). Para o cálculo da sobreposição de nicho foi utilizado o Índice de similaridade de Morisita-Horn, proposto por Horn (1966), através da equação:

$$CH = 2 \sum n_i p_{ij} p_{ik} / \sum n_i p_{ij}^2 + \sum n_i p_{ik}^2 \quad (\text{eq. 2})$$

onde CH = Índice de similaridade de Morisita-Horn; p_{ij} = proporção do recurso i sobre o total de recursos utilizados pela espécie j ; p_{ik} = proporção do recurso i sobre o total de recursos utilizados pela espécie k ; n = número total de recursos utilizados. Esse índice varia de 0 a 1 e quanto mais próximo de 1, maior será a sobreposição.

A eletividade das presas pelas aves em relação à sua abundância no ambiente foi determinada através do Índice de Manly (Krebs 1999):

$$\alpha = (r_i/p_i)(1/\sum(r_i/p_i)), i = 1, 2, \dots, m \quad (\text{eq. 3})$$

onde r_i = proporção da presa i na dieta; p_i = proporção da presa i no ambiente e m = número de presas no ambiente. Valores de $\alpha > (1/m)$ indicam seleção positiva, enquanto valores de $\alpha < (1/m)$ indicam que a presa é evitada. Já os valores de $\alpha \approx (1/m)$ sugerem que a presa é consumida na mesma proporção em que está disponível no ambiente. Foram realizadas duas análises para determinação da eletividade. A primeira levou em consideração a disponibilidade das presas no ambiente como um todo. A segunda análise foi realizada separadamente levando em consideração os diferentes métodos de amostragem dos macroinvertebrados.

As estratégias alimentares das espécies de aves foram analisadas por meio do método gráfico modificado de Amundsen et al. (1996). Nesse método, informações sobre a ecologia alimentar das espécies são obtidas através da relação entre a abundância presa-específica (P_i) e sua frequência de ocorrência (F_i), conforme as equações abaixo:

$$\%P_i = (\sum S_i / \sum S_{ti}) \times 100 \quad (\text{eq. 4})$$

onde, S_i = número de amostras que contêm apenas a presa i ; S_{ti} = total de amostras em que a presa i ocorre.

$$\%F_i = (N_i / N) \times 100 \quad (\text{eq. 5})$$

onde, N_i = número de indivíduos com a presa i nas amostras; N = total de amostras analisadas.

Com base nos valores de $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$, foi estimada a contribuição de cada item alimentar na dieta das aves. Foram gerados modelos isotópicos de mistura Bayesiana no software R utilizando o pacote SIAR (*Stable Isotope Analysis in R*; Parnell et al. 2010). Os valores isotópicos de quatro potenciais itens alimentares foram utilizados, com base nas presas mais abundantes encontradas nas fezes das aves: Coleoptera (Col), Lepidoptera (Lep), Mollusca Planorbidae (Mol) e Formicidae (For) (Tabela 1). Os

valores de discriminação isotópica usados nos modelos foram 2,9 e 1,3‰, para $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$, respectivamente, com base nos valores encontrados por Ogden et al. (2004) em indivíduos de *C. alpina* com alimentação controlada.

Para determinar o nicho isotópico de cada espécie foi utilizada a ferramenta SIBER (Stable Isotope Bayesian Ellipses in R), proposta por Jackson et al. (2011) também no pacote SIAR do Software R (Parnell et al. 2010). A amplitude de nicho foi determinada com a medida da área de elipse padrão ajustada para poucas amostras (SEAc) no espaço $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$. A sobreposição entre SEAc também foi utilizada como medida de sobreposição de nicho entre as espécies. Os valores foram calculados par a par, e para cada espécie um valor de sobreposição foi calculado como a razão entre a área de sobreposição das duas elipses e a sua própria área total (Jackson et al. 2011).

Resultados

Foram identificados na amostragem de macroinvertebrados um total de 5964 animais, pertencentes a 16 táxons (Tabela 2). Formicidae, Diptera e Arachnida somados representaram 91,8% dos invertebrados presentes nas *pitfalls*. Estes três taxa foram também os mais frequentes nas amostras de *pitfalls* (FO% = 76,7, 67,8 e 55,6, respectivamente). Já nas amostras de rede de varredura, Mollusca foi o grupo mais frequente e abundante (FO% = 88,9, e N% = 92,2, respectivamente). Coleoptera e Diptera também foram grupos frequentes, presentes em 66,7 % e 51,9% das amostras, respectivamente. O resultado da análise das amostras de sedimento foi semelhante, com Mollusca sendo o item mais abundante (N% = 62,1), seguido de Crustacea (N% = 13,8), Oligochaeta (N% = 10,2) e Hirudinea (N% = 7,4). As armadilhas luminosas capturaram 87 indivíduos, dos quais 86 Diptera e 1 Coleoptera (Tabela 2).

Através de estruturas não digeridas foi possível identificar nas amostras de fezes um total de 608 invertebrados, pertencentes a 9 taxa, agrupados em família ou ordem (Tabela 3). Coleoptera foi o táxon mais abundante nas fezes de todas as espécies de aves. Esse item correspondeu entre 25,5% da dieta de *C. melanotos* a 85,2% da dieta de *C. semipalmatus*. Além de Coleoptera, Formicidae correspondeu a 30,5% dos itens presentes nas fezes de *V. chilensis*; Lepidoptera predominou na dieta de *P. dominica* (25,4%) e de *C. subruficollis* (21,0%); Mollusca correspondeu a 22,0% dos itens nas fezes de *T. melanoleuca* e 21,3% dos itens presentes nas fezes de *C. melanotos*. Com

exceção de *T. melanoleuca*, todas as aves apresentaram sementes em pelo menos uma amostra analisada (Tabela 3). Não foi encontrada diferença significativa na abundância dos itens nas fezes das espécies ($F = 1,55$, $gl = 5$, $P = 0,18$).

A espécie que apresentou maior amplitude de nicho trófico foi *C. subruficollis* ($H' = 2,12$), seguido de *C. melanotos* ($H' = 1,92$), *P. dominica* ($H' = 1,87$), *V. chilensis* ($H' = 1,84$), *T. melanoleuca* ($H' = 1,73$) e *C. semipalmatus* ($H' = 1,22$; Tabela 4). Foi observada diferença significativa na diversidade da dieta de *C. subruficollis* em comparação com as outras cinco espécies analisadas. Observou-se também diferença entre as diversidades das dietas de *C. melanotos* x *V. chilensis*; *C. melanotos* x *P. dominica*; *C. semipalmatus* x *V. chilensis*; *C. semipalmatus* x *P. dominica* (todos $P < 0,05$; Tabela 4).

O índice de similaridade de Morisita-Horn indicou alta sobreposição na dieta das espécies. As maiores similaridades foram encontradas para as espécies *C. subruficollis* x *P. dominica* ($CH = 0,99$) e *C. semipalmatus* x *T. melanoleuca* ($CH = 0,95$). A menor sobreposição foi de $CH = 0,50$, entre *C. semipalmatus* x *C. melanotos*; Tabela 4).

Os valores do índice de preferência alimentar de Manly, tanto agrupados quanto separados por amostragem das presas indicaram resultados semelhantes. Todas as espécies apresentaram preferência por alguma presa em detrimento de outras. Todas as espécies alimentaram-se de Coleoptera em proporção maior que a disponibilidade deste táxon no ambiente. Formigas (Hymenoptera) não foram encontradas apenas nas fezes de *T. melanoleuca*, porém os baixos valores de $\alpha (< 1/m)$ indicam que esse pode ser um item alimentar evitado por todas as espécies analisadas (Tabela 5). Larvas de Lepidoptera tiveram valores de $\alpha > 1/m$ para *P. dominica*, *C. melanotos* e *C. subruficollis*, indicando preferência alimentar das espécies por esse táxon. O táxon Odonata foi preferido por *C. melanotos*. Este mesmo táxon foi preferido por *V. chilensis* apenas na análise em que as presas coletadas nos diferentes métodos foram agrupadas. Arachnida foi consumido por *C. semipalmatus* em proporção superior à disponibilidade do ambiente com os dados agrupados. Diptera foi preferido por *T. melanoleuca*. Em todas as espécies o item Mollusca foi consumido em proporção inferior àquela encontrada no ambiente (Tabela 5).

O método gráfico modificado de Amundsen et al. (1996) indica uma dieta mais generalista das espécies *V. chilensis*, *P. dominica*, *C. subruficollis* e *C. semipalmatus*, com a maioria dos itens alimentares presentes na extremidade inferior esquerda do diagrama. Coleoptera está localizado na parte superior do gráfico das espécies, com

exceção de *C. melanotos*, indicando especialização dos predadores neste taxa. A espécie *T. melanoleuca* apresenta os itens alimentares distribuídas na parte superior do gráfico, indicando uma tendência especialista para a espécie (Fig. 3).

Os valores isotópicos de nitrogênio do sangue das aves variaram de $\delta^{15}\text{N} = 7,5 \pm 0,4\text{‰}$ (média \pm 1 desvio padrão, $n = 5$) para *Nycticryphes semicollaris* a $\delta^{15}\text{N} = 10,1 \pm 1,2\text{‰}$ ($n = 5$) para *P. dominica*. Já para carbono, os valores variaram de $\delta^{13}\text{C} = -20,5 \pm 2,2\text{‰}$ ($n = 11$) para *C. fuscicollis* a $\delta^{13}\text{C} = -18,3 \pm 1,7\text{‰}$ ($n = 5$) para *P. dominica* (Tabela 1, Fig. 2). O modelo de mistura SIAR indicou que *Calidris bairdii* e *V. chilensis* apresentaram como principal fonte alimentar Mollusca. *Calidris fuscicollis* e *C. subruficollis* apresentaram valores aproximados para todas as fontes. *Pluvialis dominica* teve como fontes importantes Mollusca, Lepidoptera e Formicidae. Para *N. semicollaris*, Mollusca e Coleoptera foram importantes fontes alimentares (Fig. 4; Tabela 6).

A espécie que apresentou maior amplitude de nicho isotópico foi *P. dominica* (SEAc = 6,8). *Vanellus chilensis* e as espécies do gênero *Calidris* apresentaram valores similares (SEAc's entre 3,1 e 3,7) e a espécie que apresentou menor amplitude foi *N. semicollaris* (SEAc = 2,7; Fig. 5; Tabela 7).

Na comparação par a par entre as espécies, a maioria dos nichos isotópicos tiveram suas áreas sobrepostas entre 10 e 17% (Tabela 7). A maior sobreposição de nicho isotópico foi observada entre as espécies *C. fuscicollis* x *C. subruficollis* (33% de sobreposição entre as SEAc's). Não houve sobreposição de nicho entre *N. semicollaris* e quaisquer das outras espécies analisadas.

Discussão

Análise de fezes para determinação da dieta de Charadriiformes

As seis espécies de Charadriiformes estudadas apresentaram preferência por alguma presa em detrimento de outras e a maioria alimentou-se de Coleoptera em proporção maior que a disponibilidade deste táxon no ambiente. Apesar da preferência alimentar por Coleoptera e do hábito generalista, houve variabilidade na escolha das presas preferenciais. Coleoptera também foi o item alimentar dominante na dieta de aves neárticas durante o período não reprodutivo na Argentina (Isacch et al. 2005) e na dieta de *Bartramia longicauda*, um Charadriiforme migratório que habita campos no Uruguai

(Alfaro et al. 2015). Embora esse padrão tenha sido encontrado para todas as espécies amostradas na ilha da Torotama, os outros grupos de presas mais frequentes foram diferentes para cada espécie de ave. Enquanto Formicidae foi importante para *V. chilensis*, Lepidoptera predominou para *P. dominica* e *C. subruficollis*, e Mollusca foi importante para *T. melanoleuca* e *C. melanotos*. Formigas também foram itens alimentares importantes na dieta de *V. chilensis* em estudo no Uruguai (Caballero-Sadi et al. 2007) enquanto moluscos também foram importantes para outra espécie do gênero *Tringa*, em estudo realizado na Argentina (Beltzer 1991).

Embora em diferentes proporções, todas as espécies com exceção de *T. melanoleuca* consumiram sementes. Esse item é comumente encontrado em estudos de dieta de Charadriiformes na América do Sul (Beltzer 1991; Montalti et al. 2003; Isacch et al. 2005; Alfaro et al. 2015), além de folhas e raízes, ausentes nas amostras analisadas no presente estudo. Foi observado que embora comuns nas amostras de *pitfalls*, formigas foram evitadas pela maioria das aves. A predação de formigas pode ser evitada devido à produção de ácido fórmico, nocivo às aves (Isacch et al. 2005). O fato de moluscos terem sido consumidos em proporção inferior àquela encontrada no ambiente pode se dar pela estratégia de alimentação das aves, que embora capazes de utilizar diferentes táticas de forrageio, alimentaram-se na sua maioria de presas que se deslocam na superfície do solo.

A coleta de fezes foi uma metodologia que se mostrou eficaz para determinar a ecologia alimentar de Charadriiformes. Foi possível identificar 16 diferentes taxa de invertebrados e obter um número razoável de amostras para a maioria das espécies, devido ao comportamento de formar pequenos bandos, de modo rápido e com mínimo distúrbio. Além disso, as características do ambiente também facilitaram a coleta, visto que a área apresenta uma vegetação baixa e alguns planos de lama que permitiram a fácil localização das fezes. No entanto, apesar dessa metodologia possibilitar a identificação das presas, não foi possível estimar medidas como, por exemplo, a massa e o tamanho de todos os itens predados.

Recentemente, diversos estudos descreveram hábitos alimentares de Charadriiformes consumindo biofilme e fanerógamas do gênero *Zostera*, que dificilmente seriam encontradas em amostras de fezes. Esses resultados evidenciam a existência de lacunas no conhecimento preestabelecido sobre a alimentação dessas aves, potencialmente devido à limitação da técnica. Além disso, fica clara a importância da utilização de metodologias complementares às análises convencionais de dieta, como o

uso de análise de isótopos estáveis (Kuwaie et al. 2008, 2012; Robin et al. 2013; Catry et al. 2015) e análise de DNA (Gerwing et al. 2016).

Análise de isótopos estáveis para determinação da dieta de Charadriiformes

Os modelos de mistura isotópica indicaram que todas as espécies apresentaram Coleoptera como uma importante fonte alimentar, corroborando os dados encontrados na análise de fezes. No entanto, *C. bairdii* e *C. fuscicollis*, que não tiveram amostras de fezes analisadas, apresentaram Mollusca como importante fonte alimentar. Mollusca também foi uma fonte importante para *V. chilensis* e *P. dominica*, embora nas análises de fezes esse item alimentar tenha sido menos frequente. Para *P. dominica*, Lepidoptera foi uma fonte alimentar importante, corroborando os dados obtidos nas amostras de fezes, nos quais este táxon foi o segundo mais frequente.

O modelo de mistura isotópica para *N. semicollaris* indicou Mollusca e Coleoptera como as fontes alimentares mais importantes. Esses resultados corroboram os hábitos alimentares da espécie, frequentemente associada à borda de marismas alagados (Kirwan 1996), e na área de estudo em valas no campo e ambientes lamosos com pisoteio de gado. Diferente de espécies predominantemente campestres como *P. dominica*, as fontes terrestres do modelo (formigas e larvas de Lepidoptera) aparentemente não foram importantes na dieta de *N. semicollaris*.

Nicho trófico e isotópico

Foi encontrada alta sobreposição de nicho trófico entre os Charadriiformes durante o período de invernagem na ilha da Torotama. Em um estudo com maçaricos do gênero *Calidris* em uma área de reprodução, Holmes e Pitelka (1968) também encontraram alta sobreposição de nicho trófico entre as espécies coexistentes. Davis e Smith (2001) analisaram a dieta de quatro espécies de Charadriiformes durante o período não-reprodutivo, e encontraram alta sobreposição no nicho trófico de maçaricos com tamanhos similares, assim como Kober e Bairlein (2009) em estudo realizado com Charadriiformes no norte do Brasil.

No geral, houve menor sobreposição de nicho isotópico entre as espécies, se comparados à sobreposição encontrada através da análise de fezes. A maior sobreposição de nicho isotópico foi encontrada entre duas espécies do mesmo gênero:

C. fuscicollis e *C. subruficollis*, com 33% de sobreposição entre as SEAc's. Uma possível explicação para as diferenças na sobreposição de nicho alimentar e isotópico pode se dar pela diferença na escala temporal dos métodos utilizados. Enquanto as fezes refletem a alimentação mais recente do animal (horas), o sangue possui uma taxa de renovação de aproximadamente duas semanas (Ogden et al. 2004). Portanto, a escala temporal representada pelas análises deve ser levada em conta, principalmente em se tratando de animais migratórios (Schwemmer et al. 2016). Um tecido com uma taxa de renovação maior pode refletir uma mudança na dieta com base na disponibilidade desses itens alimentares, que embora abundantes, podem ser efêmeros e disponíveis em momentos distintos. Outra possibilidade é que esse tecido reflita ainda alimentos consumidos em outro local, uma vez que diferenças na cronologia da migração podem representar uma importante segregação de nicho entre as aves (Novcic 2016). Por fim, para a análise dos nichos tróficos os itens alimentares foram classificados em família ou ordem. Não podemos, portanto, descartar a possibilidade de uma segregação maior na dieta, ocorrendo em nível genérico ou específico, dos itens predados pelas aves.

Não houve sobreposição de nicho isotópico entre *N. semicollaris* e nenhuma outra espécie analisada. Essa espécie apresentou também o menor nicho isotópico. A morfologia e os hábitos de *N. semicollaris* são os mais distintos dentre as seis espécies analisadas (Kirwan 1996) e também proporcionalmente ao tamanho do corpo, possui o bico mais longo dentre as espécies deste estudo. Além disso, durante as capturas das aves, essa espécie foi vista alimentando-se exclusivamente em planos de lama na margem de marismas, enquanto as demais espécies estavam dispersas nos campos úmidos com vegetação baixa. Portanto, mesmo ocorrendo na mesma área, o uso de micro-habitats distintos pode resultar em diferenças na dieta e na assinatura isotópica nos tecidos dos consumidores. Em algumas ocasiões o diferente uso da área em nível de micro-habitats pode ser observado até mesmo entre Charadriiformes da mesma espécie, através de segregação sexual (Catry et al. 2012). Catry et al. (2015) e Schwemmer et al. (2016) determinaram os nichos isotópicos de comunidades de Charadriiformes em áreas de acondicionamento e invernada de espécies migratórias na Europa e África, e também encontraram pequena sobreposição entre os nichos isotópicos das espécies analisadas.

Com base nos resultados encontrados, conclui-se que as aves migrantes neárticas Charadriiformes encontradas na ilha da Torotama durante o período não-reprodutivo apresentam, no geral, hábitos generalistas. Essa estratégia parece ser vantajosa para aves migratórias, visto que se alimentam em diferentes regiões durante seu ciclo anual e

precisam adaptar-se ao consumo de diferentes presas e ambientes (Skagen e Knopf 1994; Skagen e Oman 1996; Davis e Smith 1998; Alfaro 2015). As aves apresentaram também preferência por algumas presas em detrimento de outras e elevada sobreposição de nicho trófico. O elevado grau de sobreposição de nicho alimentar poderia ser reduzido se fossem analisadas variáveis como, por exemplo, o tamanho das presas, não consideradas nesse estudo. É sabido que algumas espécies de Charadriiformes podem consumir as mesmas presas, porém com tamanhos distintos (Lifjeld 1984). Mesmo com elevada sobreposição de nicho, ao alimentarem-se de uma maior diversidade de presas como besouros, moluscos, moscas e lagartas, diminui-se o risco de competição (Davis e Smith 2001).

O presente estudo trouxe novas informações sobre a ecologia alimentar de nove espécies de Charadriiformes residentes e neárticos durante o período não reprodutivo na ilha da Torotama, Rio Grande do Sul. Existe ainda pouca informação sobre a ecologia alimentar de migrantes neárticos durante o período não reprodutivo em campos da América do Sul (Kober e Bairlein 2009; Alfaro et al. 2015; Martínez-Curci et al. 2015), e não se tem registro de estudos dessa natureza nessa área de invernagem. Além disso, o estudo foi baseado na utilização de metodologias complementares de análise de dieta: dieta inferida a partir de fezes e sangue para AIE de carbono e nitrogênio efetivamente assimilado das fontes alimentares. A metodologia de AIE, embora amplamente utilizada em estudos ecológicos em diversos grupos de animais, incluindo Charadriiformes (e.g. Catry et al. 2012, 2015; Schwemmer et al. 2016), ainda não havia sido empregada no estudo de ecologia alimentar de Charadriiformes na América do Sul. A análise de isótopos estáveis mostrou-se uma importante ferramenta para o estudo da ecologia alimentar de Charadriiformes, principalmente em combinação com metodologias convencionais (Bocher et al. 2014). Ao analisar o sangue das aves, obteve-se informações sobre a dieta também em escala temporal diferente da análise convencional, corroborando e complementando informações obtidas com a análise das fezes.

Além do enfoque ecológico, os resultados encontrados são pertinentes para a conservação dessas espécies. A pastagem pelo gado proporciona uma área de alimentação de campo permanentemente baixo, essencial para algumas espécies. O local também apresenta uma das maiores aglomerações de *C. subruficollis* no Brasil durante boa parte do seu ciclo migratório. Essa espécie sofre acentuado declínio populacional devido também à perda de habitats (Lanctot et al. 2002). Portanto, a área de estudo

mostrou-se um importante local de ocorrência de Charadriiformes migratórios residentes no sul do Brasil.

Referências bibliográficas

- Alexander, S. A., K. A. Hobson, C. L. Gratto-Trevor, e A. W. Diamond. 1996. Conventional and isotopic determinations of shorebird diets at an inland stopover: the importance of invertebrates and *Potamogeton pectinatus* tubers. *Canadian Journal of Zoology* 74: 1057–1068.
- Alfaro, M., B. K. Sandercock, L. Liguori, e M. Arim. 2015. The diet of upland sandpipers (*Bartramia longicauda*) in managed farmland in their Neotropical non-breeding grounds. *Ornitología Neotropical* 26: 337–347.
- Amundsen, P. A., H. M. Gabler, e F. J. Staldvik. 1996. A new approach to graphical analysis of feeding strategy from stomach contents data—modification of the Costello (1990) method. *Journal of Fish Biology* 48: 607–614.
- Asmus, M. L. 1998. A Planície Costeira e a Lagoa dos Patos. In *Os Ecossistemas Costeiro e Marinho do Extremo Sul do Brasil*, ed. U. Seeliger, C. Odebrecht, e J. P. Castello, 7–12. Rio Grande: Ecoscientia.
- Ayres, M., M. Ayres-Jr, D. L. Ayres, e A. A. Santos. 2007. *BIOESTAT - Aplicações Estatísticas nas Áreas das Ciências Bio-médicas*. Belém: Ong Mamirauá.
- Barrett, R. T., K. Camphuysen, T. Anker-Nilssen, J. W. Chardine, R. W. Furness, S. Garthe, O. Hüppop, O. Leopold, W. A. Montevecchi, e R. R. Veit. 2007. Diet studies of seabirds: a review and recommendations. *ICES Journal of Marine Science* 64: 1675–1691.
- Bearhop, S., C. E. Adams, S. Waldron, R. A. Fuller, and H. Macleod. 2004. Determining trophic niche width: a novel approach using stable isotope analysis. *Journal of Animal Ecology* 73: 1007–1012.
- Belton, W. 1994. *Aves do Rio Grande do Sul: Distribuição e Biologia*. São Leopoldo: Unisinos.
- Beltzer, A. H. 1991. Aspects of the foraging ecology of the waders *Tringa flavipes*, *Calidris fuscicollis* and *Charadrius collaris* (Aves: Scolopaciidae; Charadriidae) in

- Del Cristal Pond (Santa Fé, Argentine). *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 26: 65–73.
- Bemvenuti, C. E. 1998. Invertebrados Bentônicos. In *Os Ecossistemas Costeiro e Marinho do Extremo Sul do Brasil*, ed. U. Seeliger, C. Odebrecht, e J. P. Castello, 46–50. Rio Grande: Ecoscientia.
- Bencke, G. A., G. N. Maurício, P. F. Develey, and J. M. Goerck, ed. 2006. *Áreas importantes para a conservação das aves no Brasil. Parte I – Estados do domínio da Mata Atlântica*. São Paulo: SAVE Brasil.
- Bocher, P., F. Robin, J. Kojadinovic, P. Delaporte, P. Rousseau, C. Dupuy, e P. Bustamante. 2014. Trophic resource partitioning within a shorebird community feeding on intertidal mudflat habitats. *Journal of Sea Research* 92: 115–124.
- Bond, A. L., e K. A. Hobson. 2012. Reporting stable-isotope ratios in ecology: recommended terminology, guidelines and best practices. *Waterbirds* 35: 324–331.
- Brooks, W. S. 1967. Organisms consumed by various migrating shorebirds. *Auk* 84: 128–130.
- Bugoni, L., R. A. R. McGill, e R. W. Furness. 2010. The importance of pelagic longline fishery discards for a seabird community determined through stable isotope analysis. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 391: 190–200.
- Caballero-Sadi, D., P. Rocca, F. Achaval, e M. Clara. 2007. Dieta del tero *Vanellus chilensis* y abundancia de presas en el Aeropuerto Internacional de Carrasco, Canelones, Uruguay. *Informe Técnico N° 2 Para el Comité Nacional de Peligro Aviario (Uruguay)*: 16pp.
- Catry, T., J. A. Alves, J. A. Gill, T. G. Gunnarsson, e J. P. Granadeiro. 2012. Sex promotes spatial and dietary segregation in a migratory shorebird during the non-breeding season. *PLoS ONE* 7: e33811.
- Catry, T., P. M. Lourenço, R. J. Lopes, C. Carneiro, J. A. Alves, J. Costa, H. Rguibi-Idrissi, S. Bearhop, T. Piersma, e J. P. Granadeiro. 2015. Structure and functioning of intertidal food webs along an avian flyway: a comparative approach using stable isotopes. *Functional Ecology* 30: 468–478.
- Costa, C. S. B. 1998. O ambiente e a biota do Estuário da Lagoa dos Patos: plantas de marismas e terras alagáveis. In *Os Ecossistemas Costeiro e Marinho do Extremo Sul do Brasil*, ed. U. Seeliger, C. Odebrecht, and J. P. Castello, 25–28. Rio Grande: Ecoscientia.

- Davis, C. A., and L. M. Smith. 1998. Behavior of migrant shorebirds in playas of the Southern High Plains, Texas. *Condor* 100: 266–276.
- Davis, C. A., and L. M. Smith. 2001. Foraging strategies and niche dynamics of coexisting shorebirds at stopover sites in the Southern Great Plains. *Auk* 118: 484–495.
- Dekinga, A., and T. Piersma. 1993. Reconstructing the diet on the basis of faeces in mollusc-eating wader, the knot *Calidris canutus*. *Bird Study* 40: 144–156.
- Dennis, R. L. H., L. Dapporto, S. Fattorini, e L. M. Cook. 2011. The generalism–specialism debate: the role of generalists in the life and death of species. *Biological Journal of the Linnean Society* 104: 725–737.
- Dias, R. A., D. Gianuca, A. T. Gianuca, A. Gomes-Júnior, R. Chiaffitelli, e W. L. S. Ferreira. 2011. Estuário da Lagoa dos Patos. In *Conservação de Aves Migratórias Neárticas no Brasil*, ed. R. M. Valente, J. M. C. Silva, F. C. Straube, e J. L. X. Nascimento, 335–341. Belém: Conservation International Brasil.
- Faria, F. A., A. Silva-Costa, D. Gianuca, e L. Bugoni. 2016. Cooi heron (*Ardea cocoi*) connects estuarine, coastal, limnetic and terrestrial environments: an assessment based on conventional dietary and stable isotope analysis. *Estuaries and Coasts* 39:1271–1281.
- Ferreira, W. L. S., C. E. Bemvenuti, e L. C. Rosa. 2005. Effects of the shorebirds predation on the estuarine macrofauna of the Patos Lagoon, south Brazil. *Thalassas* 21: 77–82.
- Fry, B. 2006. *Stable Isotope Ecology*. New York: Springer.
- Gerwing, T. G., J. Kim, D. J. Hamilton, M. A. Barbeau, e J. A. Addison. 2016. Diet reconstruction using next-generation sequencing increases the known ecosystem usage by a shorebird. *Auk* 133: 168–177.
- Gillings, S., e W. J. Sutherland. 2007. Comparative diurnal and nocturnal diet and foraging in Eurasian golden plovers *Pluvialis apricaria* and northern lapwings *Vanellus vanellus* wintering on arable farmland. *Ardea* 95: 243–257.
- Gill-Jr, R. E., T. Piersma, G. Hufford, R. Servranckx, e A. Riegens. 2005. Crossing the ultimate ecological barrier: evidence for an 11000-km-long nonstop flight from Alaska to New Zealand and Eastern Australia by bar-tailed godwits. *Condor* 107: 1–20.

- Hernández, M. L. A., e L. O. Bala. 2007. Prey selection and foraging patterns of the white-rumped sandpiper (*Calidris fuscicollis*) at Península Valdés, Patagonia, Argentina. *Ornitología Neotropical* 18: 37–46.
- Holmes, R. T., e F. A. Pitelka. 1968. Food overlap among coexisting sandpipers on northern Alaskan tundra. *Systematic Zoology* 17: 305–318.
- Horn, H. S. 1966. Measurement of “overlap” in comparative ecological studies. *American Naturalist* 100: 419–424.
- Hussey, N. E., M. A. MacNeil, B. C. McMeans, J. A. Olin, S. F. J. Dudley, G. Cliff, S. P. Wintner, S. T. Fennessy, e A. T. Fisk. 2014. Rescaling the trophic structure of marine food webs. *Ecology Letters* 17: 239–250.
- Hutchinson, G. E. 1957. Concluding remarks. *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology* 22: 415–427.
- Isacch, J. P., C. A. Darrieu, e M. M. Martínez. 2005. Food abundance and dietary relationships among migratory shorebirds using grasslands during the non-breeding season. *Waterbirds* 28: 238–245.
- Jackson, A. L., R. Inger, A. C. Parnell, e S. Bearhop. 2011. Comparing isotopic niche widths among and within communities: SIBER—Stable Isotope Bayesian ellipses in R. *Journal of Animal Ecology* 80: 595–602.
- Johnson, O. W. 2003. Pacific e American golden-plovers: reflections on conservation needs. *Wader Study Group Bulletin* 100: 10–13.
- Karnovsky, N. J, K. A. Hobson, e S. J. Iverson. 2012. From lavage to lipids: estimating diets of seabirds. *Marine Ecology Progress Series* 451: 263–284.
- Kassen, R. 2002. The experimental evolution of specialists, generalists and the maintenance of diversity. *Journal of Evolutionary Biology* 15: 173–190.
- Kober, K., e F. Bairlein. 2009. Habitat choice and niche characteristics under poor food conditions. A study on migratory Nearctic shorebirds in the intertidal flats of Brazil. *Ardea* 97: 31–42.
- Krebs, C. J. 1999. *Ecological Methodology*. Califórnia: Addison Wesley Educational Publishers.
- Kuwae, T., P. G. Beninger, P. Decottignies, K. J. Mathot, D. R. Lund, e R. W. Elner. 2008. Biofilm grazing in a higher vertebrate: the western sandpiper, *Calidris mauri*. *Ecology* 89: 599–606.
- Kuwae, T., E. Miyoshi, S. Hosokawa, K. Ichimi, J. Osoya, T. Amano, T. Moriya, M. Kondoh, R. C. Ydenberg, e R. W. Elner. 2012. Variable and complex food web

- structures revealed by exploring missing trophic links between birds and biofilm. *Ecology Letters* 15: 347–356.
- Lanctot, R. B., D. E. Blanco, R. A. Dias, J. P. Isacch, A. G. Verena, J. A. Almeida, K. Delhey, P. F. Petracci, G. A. Bencke, e R. A. Balbuena. 2002. Conservation status of the buff-breasted sandpiper: Historic and contemporary distribution and abundance in South America. *Wilson Bulletin* 114: 44–72.
- Lifjeld, J. T. 1984. Prey selection in relation to body size and bill length of five species of waders feeding in the same habitat. *Ornis Scandinavica* 15: 217–226.
- Lourenço, P. M. 2007. Analysing faecal samples of ragworm predators not just a matter of counting mandibles. *Ardea* 95: 151–155.
- Magurran, A. E. 1988. *Medindo a Diversidade Biológica*. Curitiba: UFPR.
- Marangoni, J. C., e C. S. B. Costa. 2009. Diagnóstico ambiental das marismas no estuário da Lagoa dos Patos - RS. *Atlântica* 31: 85–98.
- Martínez-Curci, N. S., A. B. Azpiroz, J. P. Isacch, e R. Elías. 2015. Dietary relationships among Nearctic and Neotropical migratory shorebirds in a key coastal wetland of South America. *Emu* 115: 326–334.
- Martinez del Rio, C., P. Sabat, R. Anderson-Sprecher, e S. P. Gonzales. 2009. Dietary and isotopic specialization: the isotopic niche of three *Cinclodes* ovenbirds. *Oecologia* 161: 149–159.
- Merritt, R. W., e K. W. Cummins. 1996. *Aquatic Insects of North America*. Dubuque: Kendal/Hunt Publishing Company.
- Montalti, D., A. M. Arambarri, G. E. Soave, C. A. Darrieu, e A. R. Camperi. 2003. Seeds in the diet of the white-rumped sandpiper in Argentina. *Waterbirds* 26: 166–168.
- Mugnai, R., J. L. Nessimian, e D. F. Baptista. 2010. *Manual de Identificação de Macroinvertebrados Aquáticos do Estado do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: Technical Books.
- Newsome, S. D., C. M. Del-Rio, S. Bearhop, e D. L. Phillips. 2007. A niche for isotopic ecology. *Frontiers in Ecology and the Environment* 5: 429–436.
- Newsome, S. D., J. D. Yeakel, P. V. Wheatley, e M. T. Tinker. 2012. Tools for quantifying isotopic niche space and dietary variation at the individual and population level. *Journal of Mammalogy* 93: 329–341.
- Novcic, I. 2016. Niche dynamics of shorebirds in Delaware Bay: foraging behavior, habitat choice and migration timing. *Acta Oecologica* 75: 68–76.

- Ogden, L. J. E., K. A. Hobson, e D. B. Lank. 2004. Blood isotopic ($\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$) turnover and diet-tissue fractionation factors in captive dunlin (*Calidris alpina pacifica*). *Auk* 121: 170–177.
- Parnell, A. C., R. Inger, S. Bearhop, e A. L. Jackson. 2010. Source partitioning using stable isotopes: coping with too much variation. *PLoS ONE* 5: e9672.
- Pérez, G. E., J. E. Schondube, e C. Martínez-del-Río. 2008. Isótopos estables en ornitología: una introducción breve. *Ornitología Neotropical* 19: 95–112.
- Pérez, G. R. 1998. *Guía para el Estudio de los Macroinvertebrados del Departamento de Antioquia*. Bogotá: Editorial Presencia Ltda.
- Peterson, B. J., e B. Fry. 1987. Stable isotopes in ecosystem studies. *Annual Review of Ecology and Systematics* 18: 293–320.
- Piersma, T., J. Van-Gils, e P. Wiersma. 1996. Family Scolopacidae (sandpipers, snipes and phalaropes). In *Handbook of the Birds of the World. (Volume 3): Hoatzin to Auks*, ed. J. del Hoyo, A. Elliot, e J. Sargatal, 444–526. Barcelona: Lynx Edicions.
- Piersma, T., e P. Wiersma. 1996. Family Charadriidae (Plovers). In *Handbook of the Birds of the World. (Volume 3): Hoatzin to Auks*, ed. J. del Hoyo, A. Elliot, e J. Sargatal, Josep del, 384–442. Barcelona: Lynx Edicions.
- Ralph, C. P., S. E. Nagata, e C. J. Ralph. 1985. Analysis of droppings to describe diets of small birds. *Journal of Field Ornithology* 56: 165–174.
- Robin, F., T. Piersma, F. Meunier, e P. Bocher. 2013. Expansion into an herbivorous niche by a customary carnivore: black-tailed godwits feeding on rhizomes of *Zostera* at a newly established wintering site. *Condor* 115: 340–347.
- Schwemmer, P., C. C. Voigt, A. Corman, S. Adler, e S. Garthe. 2016. Body mass change and diet switch tracked by stable isotopes indicate time spent at a stopover site during autumn migration in dunlins *Calidris alpina alpina*. *Journal of Avian Biology*. doi: 10.1111/jav.00873.
- Sick, H. 1997. *Ornitologia Brasileira*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira.
- Silva-Costa, A., e L. Bugoni. 2013. Feeding ecology of kelp gulls (*Larus dominicanus*) in marine and limnetic environments. *Aquatic Ecology* 47: 211–224.
- Skagen, S. K., e F. L. Knopf. 1994. Migrating shorebirds and habitat dynamics at a prairie wetland complex. *Wilson Bulletin* 106: 91–105.
- Skagen, S. K., e H. D. Oman. 1996. Dietary flexibility of shorebirds in the Western Hemisphere. *Canadian Field-Naturalist* 110: 419–444.

- Smith, A. C., e E. Nol. 2000. Winter foraging behavior and prey selection of the semipalmated plover in coastal Venezuela. *Wilson Bulletin* 112: 467–472.
- Thompson, M. 1973. Migratory patterns of ruddy turnstones in the central Pacific region. *Living Bird* 12: 5–23.
- Triplehorn, C. A., e N. F. Johnson. 2011. *Estudo dos Insetos*. São Paulo: Cengage Learning.
- Vooren, C. M. 1998. Aves marinhas e costeiras. In *Os Ecossistemas Costeiro e Marinho do Extremo Sul do Brasil*, ed. U. Seeliger, C. Odebrecht, e J. P. Castello, 170–176. Rio Grande: Ecoscintia.

Tabela 1 Valores isotópicos de quatro potenciais itens alimentares utilizados nos modelos Bayesianos de mistura isotópica e do sangue de Charadriiformes amostrados na ilha da Torotama no verão 2014/15

Táxon	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)
Fontes alimentares potenciais		
Mollusca	-17,00	3,97
Coleoptera	-24,70	2,70
Formicidae	-20,74	9,58
Lepidoptera	-20,91	9,27
Aves		
<i>Calidris bairdii</i> (n = 6)	-18,68 ± 1, 2	8,60 ± 0,8
<i>Calidris fuscicollis</i> (n = 4)	-20,47 ± 2,2	9,01 ± 0,5
<i>Calidris subruficollis</i> (n = 10)	-20,25 ± 1,6	9,25 ± 0,6
<i>Nycticryphes semicollaris</i> (n = 5)	-20,17 ± 1,7	7,51 ± 0,4
<i>Pluvialis dominica</i> (n = 6)	-18,28 ± 1,7	10,11 ± 1,2
<i>Vanellus chilensis</i> (n = 5)	-19,23 ± 1,8	8,93 ± 1,2

Tabela 2 Composição da comunidade de macroinvertebrados amostrados nos diferentes métodos de coleta: *pitfall*, rede de varredura, core e armadilha luminosa. Amostragens realizadas na ilha da Torotama, estuário da Lagoa dos Patos, sul do Brasil, no verão 2014/2015

Taxa	<i>Pitfall</i> (n = 90)				Rede (n = 27)				Core (n = 27)				Luminosa (n = 2)				Total
	N	N%	FO	FO%	N	N%	FO	FO%	N	N%	FO	FO%	N	N%	FO	FO%	
Arachnida	134	7,5	61	67,8	8	0,2	5	18,5	5	1,3	2	7,4	0	0	0	0	147
Coleoptera	25	1,4	19	21,1	61	1,6	18	66,7	5	1,3	5	18,5	1	1,1	1	50	92
Collembola	4	0,2	3	3,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
Crustacea	1	0,1	1	1,1	89	2,4	6	22,2	54	13,8	11	40,7	0	0	0	0	144
Diptera	216	12,1	50	55,6	58	1,6	14	51,9	12	3,1	7	25,9	86	98,9	2	100	372
Hemiptera	83	4,7	31	34,4	24	0,6	6	22,2	0	0	0	0	0	0	0	0	107
Hymenoptera	1288	72,2	69	76,7	1	0,1	1	3,7	3	0,8	3	11,1	0	0	0	0	1292
Lepidoptera	14	0,8	10	11,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14
Mollusca	5	0,3	4	4,4	3414	92,2	24	88,9	243	62,1	20	74,1	0	0	0	0	3662
Orthoptera	6	0,3	6	6,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
Psocoptera	1	0,1	1	1,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Trichoptera	1	0,1	1	1,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Zoraptera	6	0,3	4	4,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
Hirudinea	0	0	0	0	25	0,7	4	14,8	29	7,4	5	18,5	0	0	0	0	54
Oligochaeta	0	0	0	0	18	0,5	4	14,8	40	10,2	8	29,6	0	0	0	0	58
Odonata	0	0	0	0	4	0,1	3	11,1	0	0	0	0	0	0	0	0	4

Tabela 3 Abundância (N) e Frequência de Ocorrência (FO) absoluta e relativas (%) dos itens alimentares presentes nas fezes de Charadriiformes na ilha da Torotama, estuário da Lagoa dos Patos, sul do Brasil, entre dezembro de 2014 e fevereiro de 2015.

Valores entre parênteses representam o número de amostras de fezes coletadas (*n*)

Taxa	<i>V. chilensis</i> (27)				<i>P. dominica</i> (30)				<i>C. semipalmatus</i> (10)				<i>T. melanoleuca</i> (7)				<i>C. melanotos</i> (17)				<i>C. subruficollis</i> (55)			
	N	N%	FO	FO%	N	N%	FO	FO%	N	N%	FO	FO%	N	N%	FO	FO%	N	N%	FO	FO%	N	N%	FO	FO%
Mollusca	5	2,1	5	18,5	7	6,1	7	23,3	0	0	0	0	2	22	2	28,5	10	21,3	9	52,9	10	4,1	10	18,2
Arachnida	4	1,6	4	14,8	5	4,4	5	16,7	1	3,7	1	10	0	0	0	0	1	2,1	1	5,9	6	2,5	6	11
Coleoptera	127	52,3	26	96,3	54	47	28	93,3	23	85,2	10	100	6	67	6	85,7	12	25,5	10	58,9	107	44	48	87,3
Lepidoptera	3	1,2	3	11,1	29	25,4	16	53,3	1	3,7	1	10	0	0	0	0	7	14,9	4	23,5	51	21	21	38,1
Diptera	6	2,5	6	22,2	6	5,3	6	20	0	0	0	0	1	11	1	14,3	1	2,1	1	5,9	7	2,9	7	12,7
Formicidae	74	30,5	7	30	7	6,1	5	16,7	0	0	0	0	0	0	0	0	5	10,6	5	29,4	22	9,1	14	25,4
Odonata	2	0,8	2	7,4	0	0	0	0	1	3,7	1	10	0	0	0	0	1	2,1	1	5,9	2	0,8	2	3,6
Hebridae	1	0,4	1	3,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0,0	0	0
Trichoptera	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0	0	1	0,4	1	1,8
Semente	21	8,6	10	37	6	5,3	6	20	1	3,7	1	10	0	0	0	0	10	21,3	3	17,6	19	7,8	15	27,3

Tabela 4 Índice de diversidade de Shannon-Wiener (H') na dieta de Charadriiformes e comparação par a par entre espécies (metade superior direita). Metade inferior esquerda indica os valores do Índice de similaridade de Morisita-Horn (CH) na dieta de Charadriiformes e comparação par a par entre espécies. Valores com “*” indicam diferença significativa para $P < 0,5$. Aves amostradas na ilha da Torotama, sul do Brasil, no verão 2014/2015

	<i>V. chilensis</i>	<i>P. dominica</i>	<i>C. semipalmatus</i>	<i>T. melanoleuca</i>	<i>C. melanotos</i>	<i>C. subruficollis</i>	H'
<i>V. chilensis</i>		0,89	0,00*	0,16	0,00*	0,01*	1,84
<i>P. dominica</i>	0,80		0,00*	0,15	0,00*	0,04*	1,87
<i>C. semipalmatus</i>	0,81	0,77		0,26	0,72	0,00*	1,22
<i>T. melanoleuca</i>	0,82	0,51	0,95		0,33	0,03*	1,73
<i>C. melanotos</i>	0,68	0,78	0,50	0,59		0,00*	1,92
<i>C. subruficollis</i>	0,87	0,99	0,82	0,83	0,79		2,12

Tabela 5 Índice de seletividade de Manly (α) da dieta de Charadriiformes amostrados ilha da Torotama, sul do Brasil, no verão 2014/2015. Valores de (α) ambiente levam em consideração a proporção de macroinvertebrados coletados no ambiente através do somatório dos diferentes métodos de amostragem: rede de varredura, *pitfall*, core e armadilha luminosa. Valores em negrito indicam seleção positiva/preferência para os itens alimentares

Espécie	Taxa	Coleoptera	Lepidoptera	Hemiptera	Diptera	Odonata	Mollusca	Arachnida	Formicidae
<i>V. chilensis</i>	α ambiente	0,633	0,085	0,004	0,008	0,226	0,001	0,013	0,030
	α rede	0,794	-	0,016	0,000	0,189	0,001	-	-
	α <i>pitfall</i>	0,858	0,117	0,007	0,004	-	-	0,005	0,009
<i>P. dominica</i>	α ambiente	0,235	0,738	-	0,009	-	0,001	0,015	0,003
	α rede	0,872	-	-	0,126	-	0,002	-	-
	α <i>pitfall</i>	0,236	0,756	-	0,003	-	-	0,004	0,000
<i>C. semipalmatus</i>	α ambiente	0,448	0,105	-	0,001	0,012	-	0,420	0,005
	α rede	0,583	-	-	0,052	0,010	-	-	-
	α <i>pitfall</i>	0,789	0,189	-	0,014	-	-	0,006	0,002
<i>C. melanotos</i>	α ambiente	0,159	0,522	-	0,004	0,298	0,003	0,009	0,005
	α rede	0,425	-	-	0,036	0,531	0,006	-	-
	α <i>pitfall</i>	0,228	0,765	-	0,002	-	-	0,003	0,001
<i>T. melanoleuca</i>	α ambiente	0,948	-	-	0,044	-	0,008	-	-
	α rede	0,849	-	-	0,145	-	0,004	-	-
	α <i>pitfall</i>	0,982	-	-	0,174	-	-	-	-
<i>C. subruficollis</i>	α ambiente	0,261	0,720	-	0,005	0,109	0,001	0,010	0,004
	α rede	0,743	-	-	0,050	0,206	0,001	-	-
	α <i>pitfall</i>	0,260	0,743	-	0,001	-	-	0,002	0

Tabela 6 Contribuições das potenciais fontes alimentares para as aves Charadriiformes amostradas na ilha da Torotama, sul do Brasil, no verão 2014/2015. Intervalos de Credibilidade (IC) de 95%

Fonte	Mollusca	Coleoptera	Formicidae	Lepidoptera
Espécie de ave				
<i>C. bairdii</i>	21–54	1–37	1–40	1–41
<i>C. fuscicollis</i>	2–43	11–48	2–45	2–45
<i>C. subruficollis</i>	3–32	19–43	2–47	2–49
<i>N. semicollaris</i>	8–47	29–62	0–27	0–28
<i>P. dominica</i>	14–46	0–26	3–53	3–54
<i>V. chilensis</i>	16–52	2–32	2–46	2–47

Tabela 7 Amplitude (SEAc) e percentual de sobreposição de nicho isotópico entre as espécies de Charadriiformes na ilha da Torotama

	<i>V. chilensis</i>	<i>P. dominica</i>	<i>C. bairdii</i>	<i>C. fuscicollis</i>	<i>C. subruficollis</i>	SEAc
<i>V. chilensis</i>						3,12
<i>P. dominica</i>	17					6,80
<i>C. bairdii</i>	10	10				3,71
<i>C. fuscicollis</i>	15	13	12			3,64
<i>C. subruficollis</i>	12	13	13	33		3,38
<i>N. semicollaris</i>	0	0	0	0	0	2,75

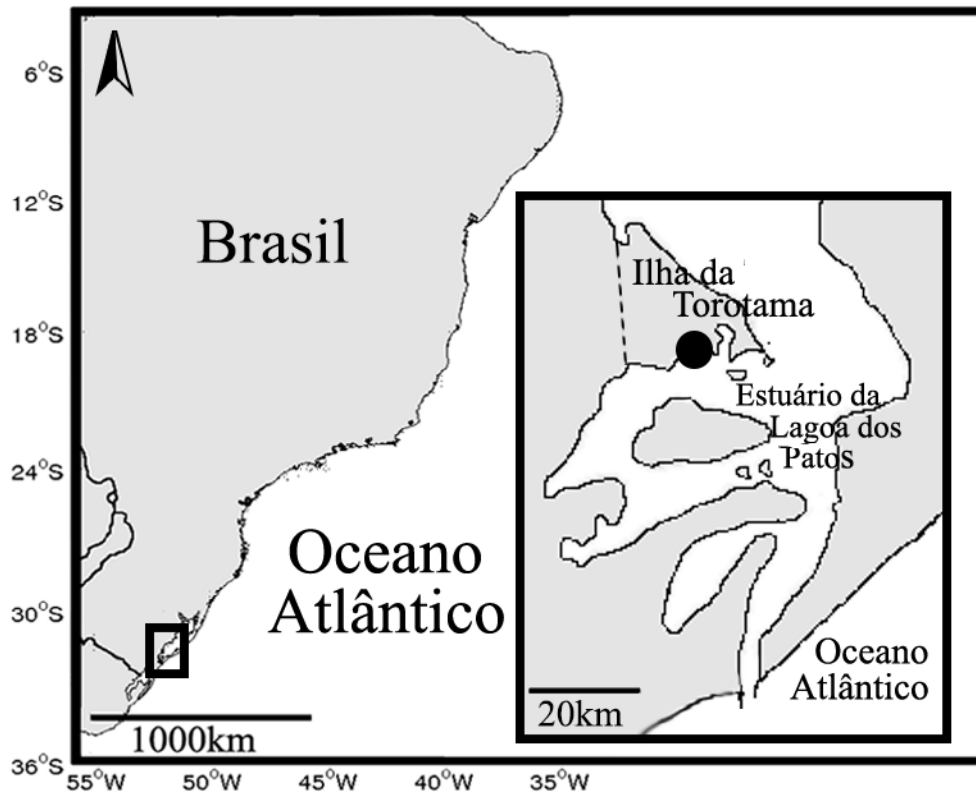


Fig. 1 Mapa da área de estudo na ilha da Torotama, localizada na planície costeira do Rio Grande do Sul, no sul do Brasil

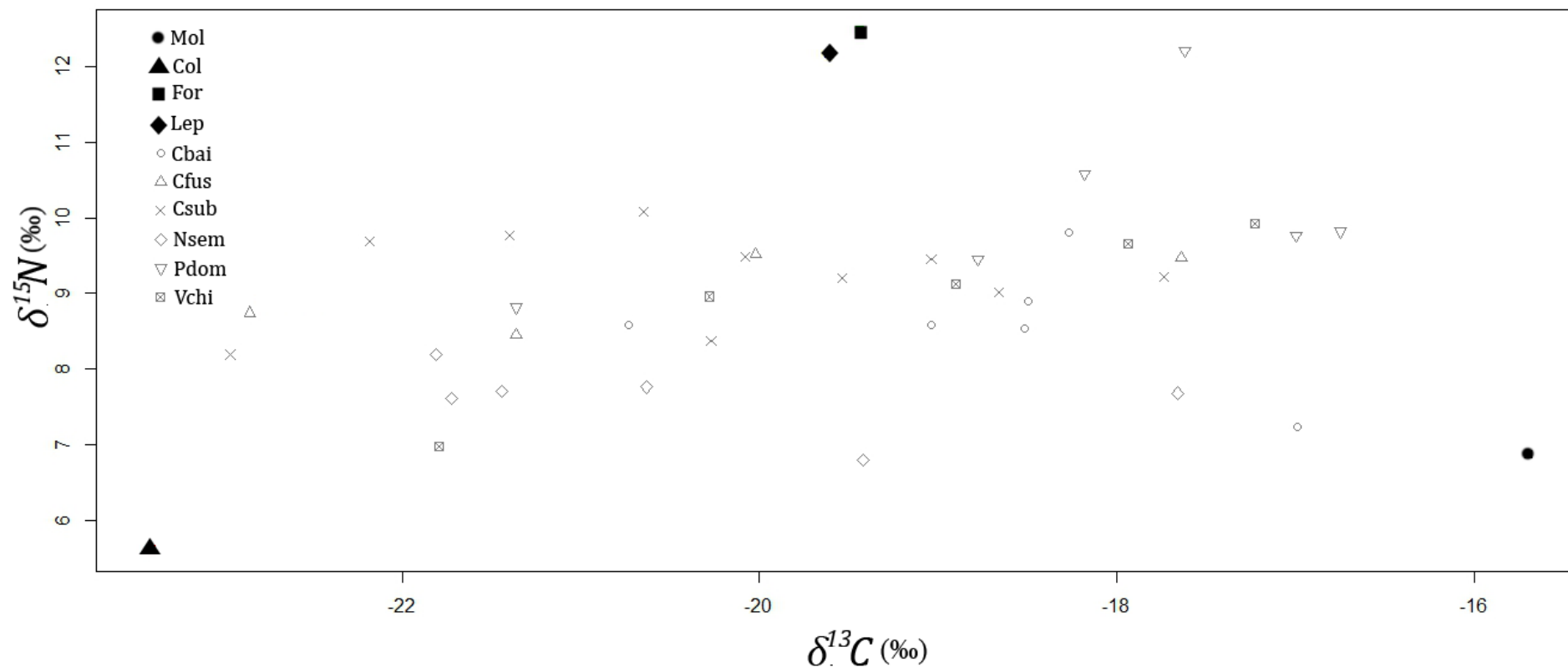


Fig. 2 Valores de $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$ de potenciais itens alimentares (símbolos cheios) e valores isotópicos no sangue das aves Charadriiformes amostradas na ilha da Torotama (símbolos vazios). Valores das fontes são corrigidos com fator de discriminação fonte-consumidor em 2,9‰ para $\delta^{15}\text{N}$ e 1,3‰ para $\delta^{13}\text{C}$. Mol = Mollusca; Col = Coleoptera; For = Formicidae; Lep = Lepidoptera; Cbai = *Calidris bairdii*; Cfus = *Calidris fuscicollis*; Csub = *Calidris subruficollis*; Nsem = *Nycticryphes semicollaris*; Pdom = *Pluvialis dominica*; Vchi = *Vanellus chilensis*

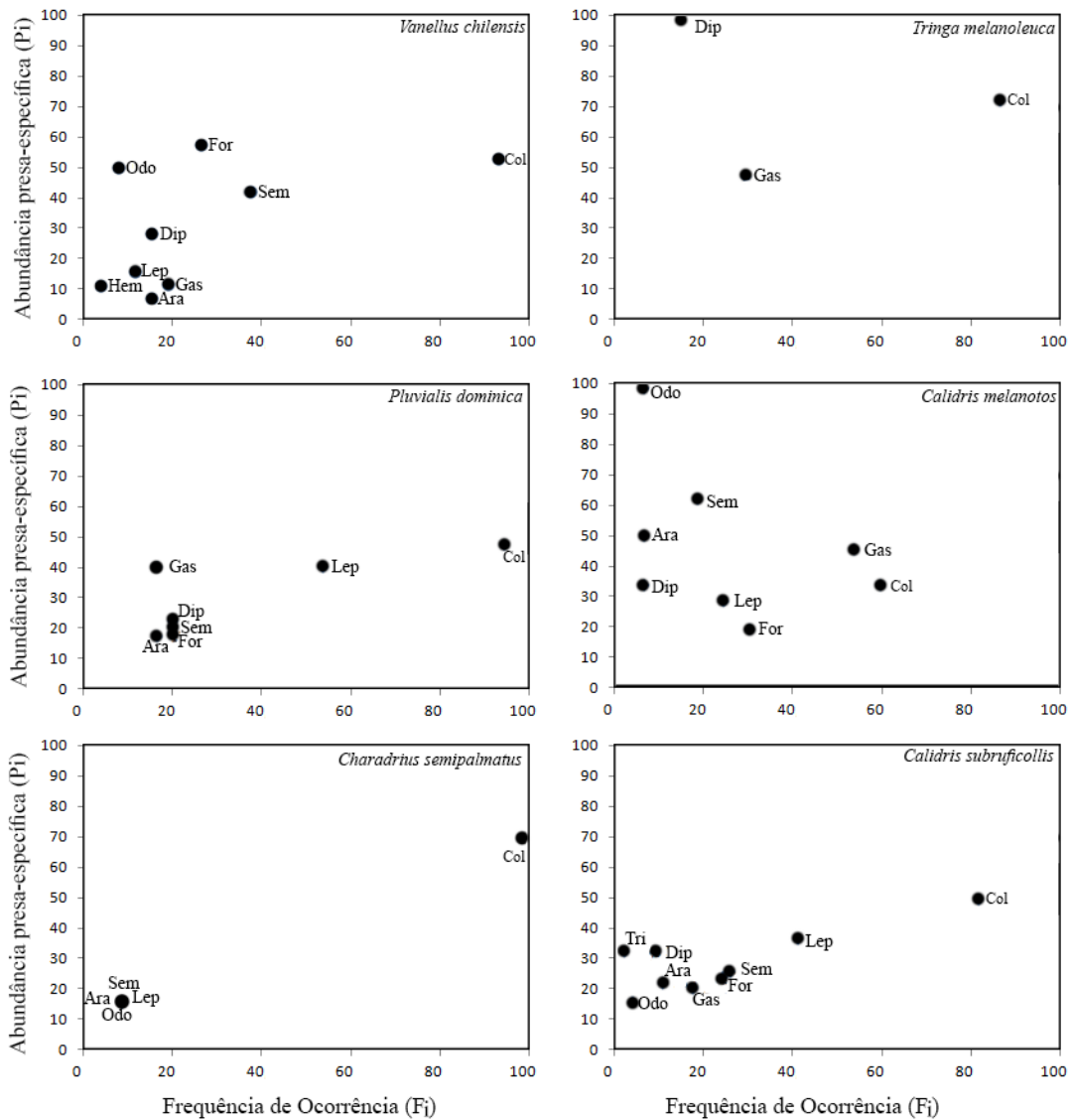
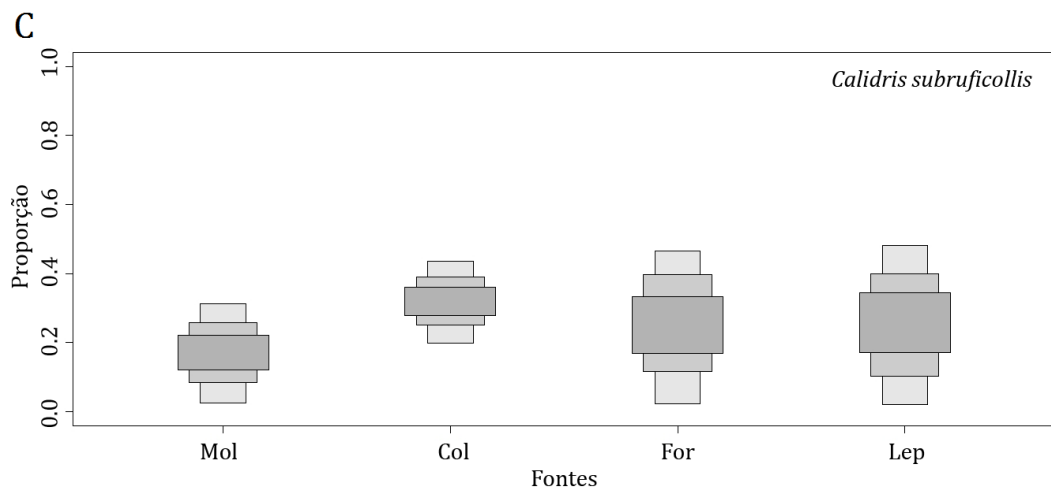
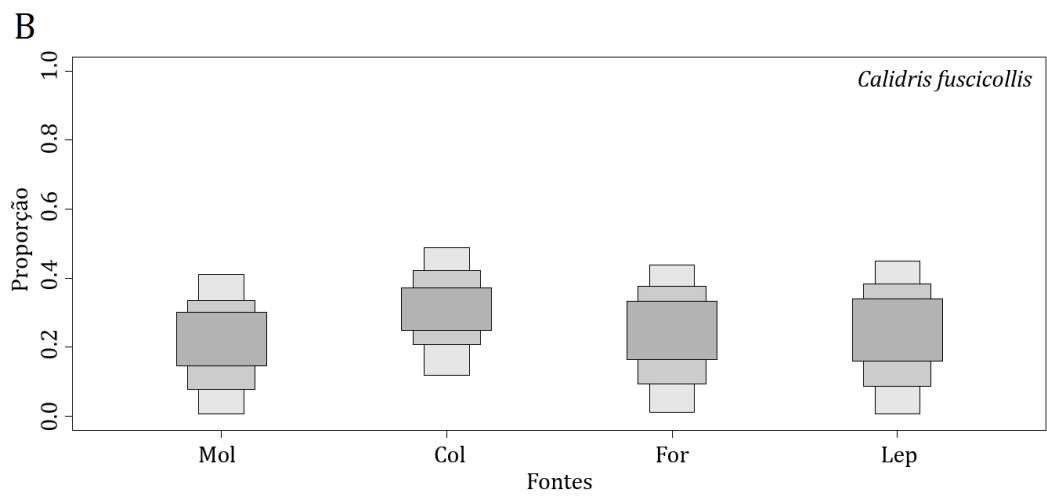
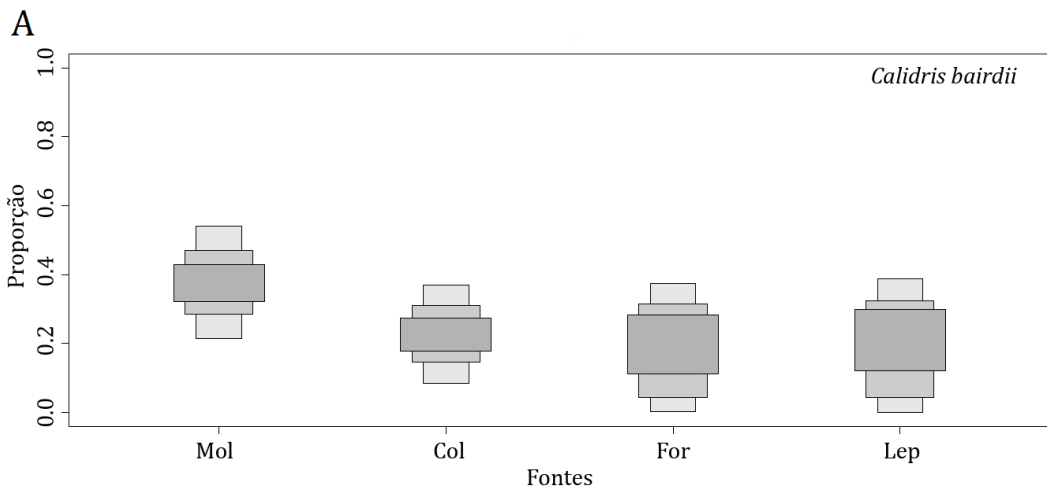


Fig. 3 Representação gráfica da abundância (eixo y) em função da frequência de ocorrência (eixo x) dos itens alimentares registrados nas fezes Charadriiformes amostrados na ilha da Torotama no verão 2014/2015. Gas = Mollusca (Gastropoda); Col = Coleoptera; For = Formicidae; Lep = Lepidoptera; Odo = Odonata; Dip = Diptera; Sem = Semente; Ara = Arachnida; Tri = Trichoptera; Hem = Hemiptera



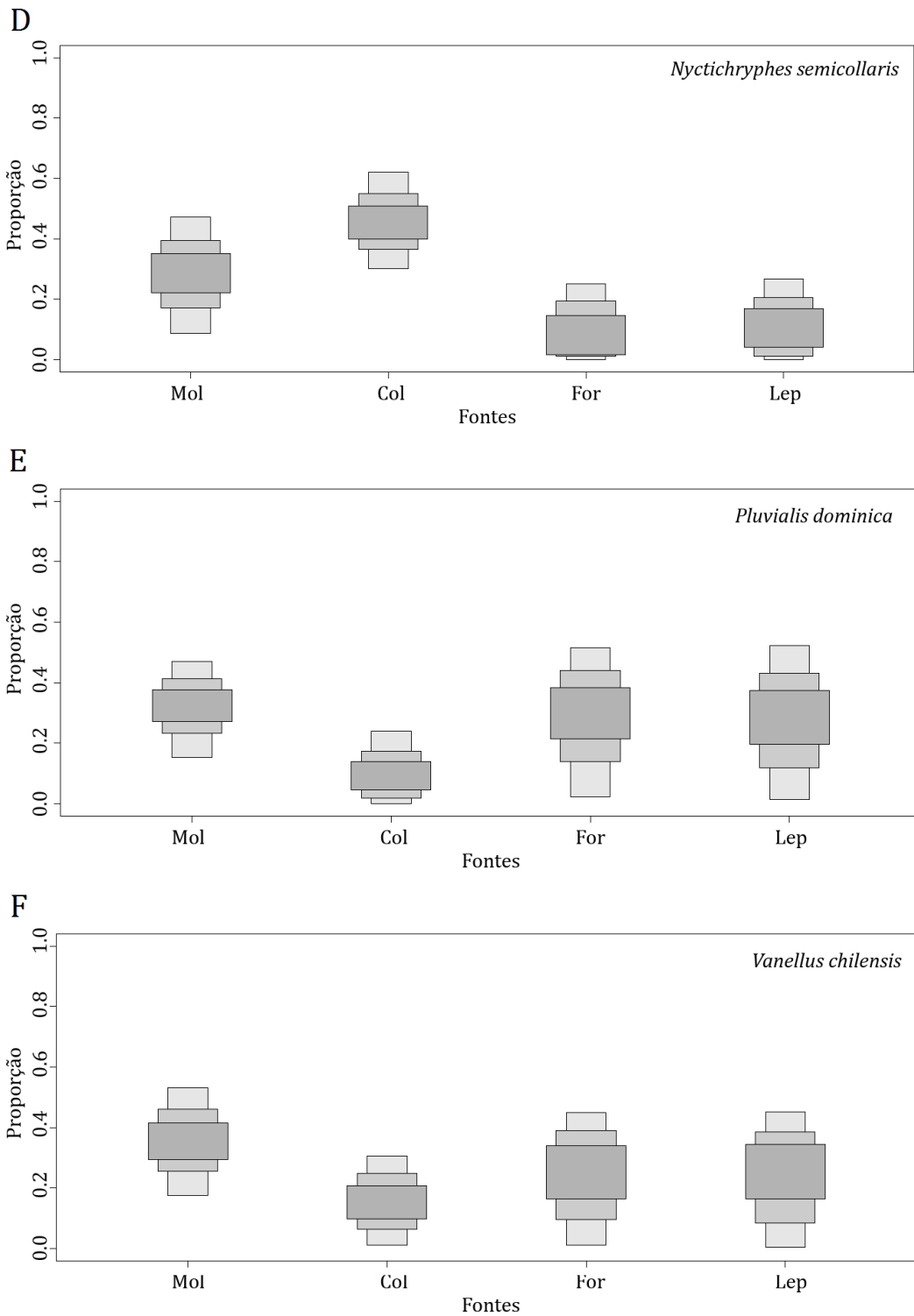


Fig. 4 Resultado do modelo bayesiano de mistura isotópica no pacote SIAR, com intervalos de credibilidade de 95, 75 e 25% (tons cinzas no centro, adjacentes e bordas, respectivamente) para Mollusca (Mol), Coleoptera (Col), Formicidae (For) e Lepidoptera (Lep). O gráfico mostra a contribuição estimada das diferentes fontes alimentares potenciais para as assinaturas isotópicas encontradas no sangue de seis espécies de Charadriiformes na ilha da Torotama, sul do Brasil

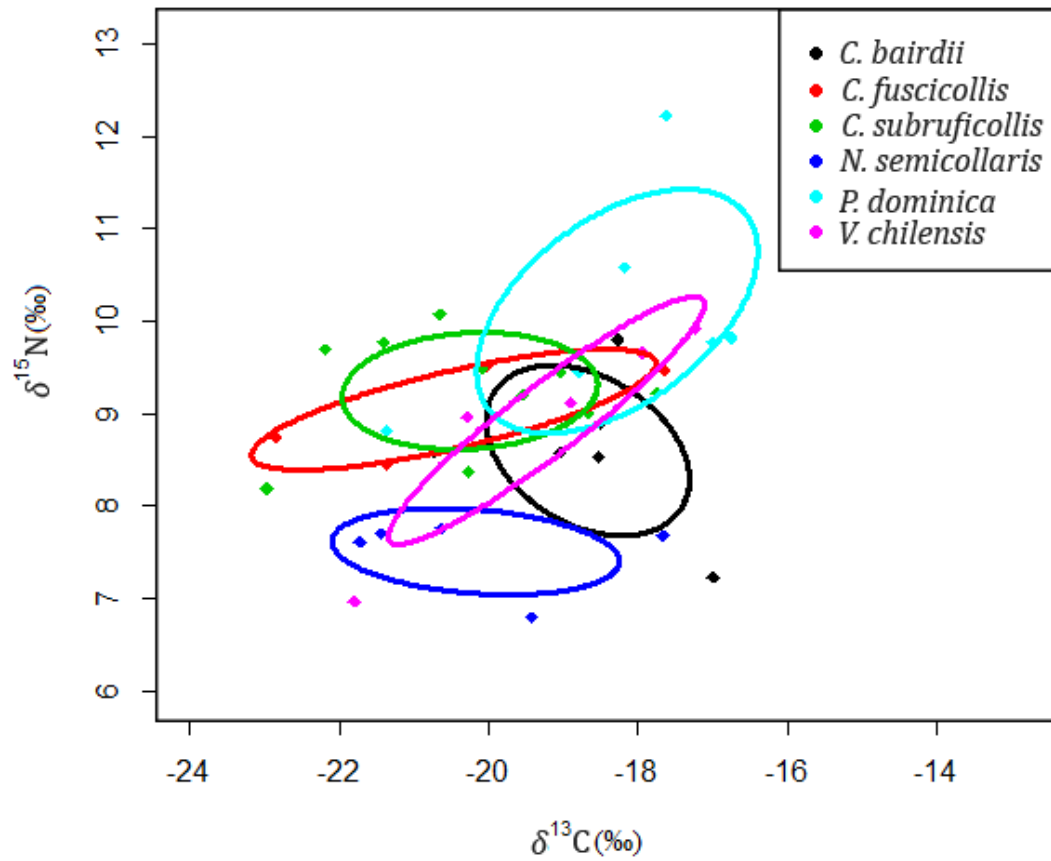


Fig. 5 Nicho isotópico das aves Charadriiformes no espaço delta (δ), baseado em áreas de elipse padrão corrigida (SEAc)