



Universidade de Brasília
Instituto de Ciências Biológicas
Programa de Pós-Graduação em Ecologia

ESTRATÉGIAS DE FORRAGEAMENTO E EVITAÇÃO DE
PREDADORES EM CHARADRIIDAE E SCOLOPACIDAE NA BAÍA
DE TODOS OS SANTOS, BAHIA, BRASIL



Vitor de Oliveira Lunardi

2010

Universidade de Brasília
Instituto de Ciências Biológicas
Programa de Pós-Graduação em Ecologia

ESTRATÉGIAS DE FORRAGEAMENTO E EVITAÇÃO DE
PREDADORES EM CHARADRIIDAE E SCOLOPACIDAE NA BAÍA
DE TODOS OS SANTOS, BAHIA, BRASIL

Vitor de Oliveira Lunardi

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia da Universidade de Brasília como requisito a obtenção de grau de Doutor em Ecologia.

2010

Vitor de Oliveira Lunardi

**ESTRATÉGIAS DE FORRAGEAMENTO E EVITAÇÃO DE PREDADORES EM
CHARADRIIDAE E SCOLOPACIDAE NA BAÍA DE TODOS OS SANTOS, BAHIA, BRASIL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Instituto de Ciências
Biológicas, Universidade de Brasília, à comissão formada pelos professores:

Orientadora: _____

Prof^a Dr^a Regina Helena Ferraz Macedo

Dept. de Zoologia - UnB

Prof. Dr. Miguel Ângelo Marini

Dept. de Zoologia – UnB

Prof. Dr. Marcos Rodrigues

Dept. de Zoologia – UFMG

Prof. Dr. Ricardo Bomfim Machado

Departamento de Zoologia - UnB

Dr^a Mariana Otero Cariello

Conselho Nacional de Desenvolvimento
Científico e Tecnológico – CNPq

Prof. Dr. John Du Vall Hay

Departamento de Ecologia – UnB

Agradecimentos

Agradeço à minha esposa, Diana, especialmente por seu amor, dedicação e por ser magnífica em tudo. Seu otimismo, paciência e incentivo foram essenciais para a realização desta tese, do início ao fim. Agradeço imensamente por suas críticas e correções, por ter aceitado juntar todas as nossas ‘moedinhas’ para comprar uma casa na área de estudo; por todas as deliciosas refeições que me ‘mantiveram em pé’ durante o período de campo, e acima de tudo, por compartilhar sua vida com a minha.

À toda minha família, em especial a minha querida mãe, Nilza, e a minha querida irmã, Nadia, por terem incentivado a realização de muitos sonhos. Agradeço todo o amor e compreensão nos momentos de ausência nos natais e aniversários destes últimos anos.

Especialmente à prof^a Regina Macedo, por ter aceitado me orientar, pela confiança e por sua impecável orientação. Agradeço por ter sido criteriosa com o projeto, por todas as críticas, considerações e correções em todo o desenvolvimento da tese, e por ter me encorajado em todos os momentos. Obrigado por todo o carinho e pelos ensinamentos ao longo destes quatro anos. Por seu exemplo profissional e humano, os quais me fazem sentir imenso orgulho em ser um de seus orientandos.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia, UnB, em especial ao prof. John Hay, pelo apoio constante, pela resolução de diversos contratemplos e pela sua experiência e serenidade. Ao prof. Carlos Saito, por seus ensinamentos e pelos bons momentos de convivência. Ao amigo Iriode Ramos, por sua alegria contagiante e pela prontidão e auxílio ao longo desta jornada e a secretária Thais por ser sempre tão prestativa e organizada.

Ao CNPq e à Capes, pela concessão de bolsas de doutorado, e por todas as bolsas concedidas ao longo desses 12 anos que possibilitaram minha formação acadêmica.

Ao prof. Jorge Palmeirim, por ter me orientado no programa de estágio 'PDEE' na Universidade de Lisboa, e ao prof. José Granadeiro, por todas as orientações em SIG, análises de correspondência e software R. Agradeço a vocês por toda a cordialidade, cuidado, orientação e grandes momentos. Agradeço ainda a oportunidade de conhecer novas tendências em estudos ecológicos e comportamentais em aves limícolas.

Ao CEMAVE, ICMBio, por ter concedido autorização de captura e anilhamento das aves, e pelas anilhas concedidas.

Ao INPE, por ceder imagens de satélite da Baía de Todos os Santos.

Ao Dr. Marcos Ferreira, Superintendente de Políticas Florestais, Conservação e Biodiversidade, Governo do Estado da Bahia, por ceder uma cópia da Carta de Vegetação da Baía de Todos os Santos.

Ao Dr. Eliezer Winkler, Embrapa Clima Temperado, pelas valiosas referências e dicas para montagem do modelo móvel de gavião, utilizados em um dos capítulos da tese.

Ao meu cunhado, Davi, pelo auxílio no trabalho de campo, pelos inúmeros favores e pela ótima companhia e amizade.

Às marisqueiras da Baía de Todos os Santos, que à seu exemplo de trabalho árduo em sol escaldante, me trouxeram força nos momentos de maior exaustão, calor e incômodo com os milhares de mosquitos que me cercaram.

À tia Ecilene, tio Domingos e toda a sua família em Saubara, por ter me recebido em sua casa no início do trabalho, pelas orações e pelos ensinamentos sobre ‘o mar’. A minha sogra Ana, Tia Mira, Dudu, Marlene e ao amigo Erick pelo carinho e pelo abrigo, sempre necessário, em diversos momentos.

À minha tia Maria Ercília, pelo carinho, pela força e pela correção de versões em inglês.

Ao meu cão Jabá, pela fiel companhia e pela proteção da casa e dos equipamentos na área de estudo.

Às aves limícolas, que me fascinam e me inspiram.

À Deus, por sua proteção.

‘Está, então, já vendo as barraquinhas na praia, depois de tanto esforço!(...)’

Regina Macedo

À Diana Lunardi

'A Bahia de Todos os Santos está arrumada em treze graus e um terço (...) onde os dias em todo o ano são quase iguais com as noites e a diferença que têm os dias de verão aos do inverno é uma hora até hora e meia.'

'Começa-se o verão em agosto como em Portugal em março, e dura até todo o mês de março, no qual tempo reinam os ventos nordestes e lés-nordestes e correm as águas na costa ao som dos ventos da parte do norte para o sul, pela qual razão se não navega ao longo desta costa senão com as monções ordinárias.'

'Em todo o tempo do ano, quando chove, fazem os céus da Bahia as mais formosas mostras de nuvens de mil cores e grande resplendor, que se nunca viram noutra parte, o que causa grande admiração.'

'E há-se de notar que nesta comarca da Bahia, em rompendo a luz da manhã, nasce com ela juntamente o sol, assim no inverno como no verão. E em se recolhendo o sol à tarde, escurece juntamente o dia e cerra-se a noite; a que matemáticos dêem razões suficientes que satisfaçam a quem quiser saber este segredo, porque os mareantes e filósofos que a esta terra foram, nem outros homens de bom juízo não têm atinado até agora com a causa porque isso assim seja.'

Gabriel Soares de Sousa, Tratado Descritivo do Brasil em 1587

NOTA PRÉVIA

Essa tese apresenta uma das formatações sugeridas pelo Programa de Pós-Graduação em Ecologia da Universidade de Brasília. Deste modo, há uma breve introdução sobre os aspectos gerais do comportamento de aves Charadriidae e Scolopacidae (formatada segundo o periódico *Animal Behaviour*). Adicionalmente, há quatro capítulos escritos em língua portuguesa e apresentados em forma de manuscrito, formatados segundo os seguintes periódicos:

Capítulo I: *Estuarine Coastal and Shelf Science*

Capítulo II: *Animal Behaviour*

Capítulo III: *Acta Oecologica*

Capítulo IV: *Biological Conservation*

Por fim, são apresentadas as considerações finais, uma nota sobre o primeiro registro reprodutivo de *Charadrius wilsonia* na Baía de Todos os Santos (formatado segundo o periódico *The Wilson Journal of Ornithology*) e duas pranchas contendo fotos das espécies mais comuns investigadas e da área de estudo.

Índice

Resumo	.....	1
Abstract	.....	2
Introdução Geral	.....	3
Referências	.....	9
CAPÍTULO I	Abundância sazonal e uso de área intermareal para forrageamento por Charadriidae e Scolopacidae na Baía de Todos os Santos, nordeste do Brasil	13
Resumo	.....	14
Introdução	.....	15
Métodos	.....	18
Resultados	.....	25
Discussão	.....	27
Referências	.....	34
Figura 1	.....	41
Figura 2	.....	42
Figura 3	.....	43
Figura 4	.....	44
Figura 5	.....	45
Figura 6	.....	46
Tabela 1	.....	47
Tabela 2	.....	48
Tabela 3	.....	49
CAPÍTULO II	Superestimando o perigo? Testando o efeito não- letal de uma ave de rapina em batuínas, <i>Charadrius</i> , na Baía de Todos os Santos, Bahia, Brasil	50
Resumo	.....	51
Introdução	.....	52
Métodos	.....	56
Resultados	.....	64
Discussão	.....	65

Referências	.....	71
Figura 1	.....	76
Figura 2	.....	77
Figura 3	.....	78
Tabela 1	.....	79
Tabela 2	.....	80
Tabela 3	.....	81
CAPÍTULO III	Relação entre movimento da maré, risco de predação e estratégias de forrageamento em aves limícolas neárticas no nordeste da América do Sul	83
Resumo	.....	84
Introdução	.....	85
Métodos	.....	88
Resultados	.....	91
Discussão	.....	92
Referências	.....	98
Figura 1	.....	104
Figura 2	.....	105
Tabela 1	.....	106
Tabela 2	.....	107
CAPÍTULO IV	Respostas comportamentais de aves limícolas à presença humana: evidência de uma relação comensal com coletores tradicionais de mariscos no nordeste do Brasil	108
Resumo	.....	109
Introdução	.....	110
Métodos	.....	113
Resultados	.....	118
Discussão	.....	121
Referências	.....	126
Figura 1	.....	132

Figura 2	.....	133
Figura 3	.....	134
Figura 4	.....	135
Figura 5	.....	136
Figura 6	.....	137
Tabela 1	.....	138
Tabela 2	.....	139
Considerações Finais	.....	140
ANEXO I	Primeiro registro reprodutivo de <i>Charadrius wilsonia</i> na Baía de Todos os Santos, nordeste do Brasil	143
Resumo	.....	144
Introdução	.....	145
Observações	.....	146
Discussão	.....	148
Referências	.....	150
Figura 1	.....	152
Figura 2	.....	153
ANEXO II	.....	154
Prancha 1	.....	155
Prancha 2	.....	156

Resumo

Aves limícolas Charadriidae e Scolopacidae representam um notável componente de ecossistemas costeiros, especialmente em baías e estuários. A grande maioria destas aves é migratória, realizando longos deslocamentos entre áreas de reprodução, no Ártico e Subártico e áreas de invernagem, em regiões temperadas e tropicais. O objetivo geral desta tese foi analisar as estratégias de forrageamento e evitação de predadores em aves limícolas Charadriidae e Scolopacidae que habitam a costa oeste da Baía de Todos os Santos, Bahia, Brasil. Considerando o elevado requerimento energético destas aves em áreas de invernagem, investigou-se, entre dezembro de 2006 e março de 2009, a influência de fatores abióticos (e.g. movimento da maré, tipo de sedimento e proximidade da costa) e bióticos (e.g. potenciais predadores e disponibilidade de presas) no comportamento e no uso da área intermareal por aves em alimentação. Através de experimentos e observações em campo, constatou-se que o ritmo da maré influenciou diretamente a atividade de forrageamento das aves. Algumas espécies intensificaram sua atividade durante a passagem da linha da maré, enquanto outras intensificaram-na durante a maré baixa. Aves limícolas não exibiram respostas antipredatórias previstas em teoria como: evitação de áreas próximas à costa, aumento no tamanho de grupo ou fuga na presença de aves de rapina. Ainda, a atividade recreativa representou maior grau de ameaça às aves em forrageio do que a atividade humana de coleta de mariscos. Análises de associação entre densidade de aves e fatores ambientais mostraram que o uso da área intermareal para alimentação é influenciado, principalmente, pela disponibilidade de alimento e pelo tipo de sedimento escolhido para forrageio. A manutenção da diversidade e da qualidade de habitats nesta baía é crucial para atender os requerimentos particulares de 10 espécies Charadriidae e Scolopacidae migratórias e de uma população residente de *Charadrius wilsonia*.

Abstract

Shorebirds (Charadriidae and Scolopacidae) are a notable component of coastal ecosystems, especially of bays and estuaries. The great majority of these species is migratory, conducting long trips between Arctic and Sub-arctic breeding grounds and temperate and tropical wintering grounds. My general objective of this thesis was to analyze the foraging and predator avoidance strategies in shorebirds in Baía de Todos os Santos, Bahia, Brazil. Considering the high energetic demands of these birds in their wintering grounds, I analyzed the influence of abiotic (e.g. tidal cycle, sediment type and coastal proximity) and biotic (e.g. potential predators and prey availability) factors on the behaviour and on the use of the intertidal flats by feeding shorebirds, from December 2006 to March 2009. Experiments and observations in the field confirmed that the tidal cycle influenced the foraging behaviour of the birds. Some shorebird species intensified foraging activity during passage of the tidal line, while others did so during the low tide. Shorebirds did not exhibit antipredator behaviours predicted in theory, such as avoidance of the shoreline or flocking/flight in the presence of a raptor. Moreover, human recreation activities were more threatening to the shorebirds than shellfishing activity. Association analyses between birds' densities and environmental factors revealed that the use of the intertidal flats by feeding shorebirds was driven, particularly, by food availability and sediment type. The maintenance of the diversity and the quality of habitats of this bay is crucial to meet the species-specific requirements of 10 migratory Charadriidae and Scolopacidae species and one resident population of *Charadrius wilsonia*.

Introdução Geral

Introdução Geral

Espécies das famílias Charadriidae e Scolopacidae (Charadriiformes) compreendem a grande maioria da guilda de aves limícolas, internacionalmente conhecidas como *shorebirds* ou *waders* (ver Anexo II). As aves Charadriidae tipicamente ocupam áreas úmidas e abertas, com vegetação rasteira, e áreas costeiras, que compartilham com as Scolopacidae. Devido à grande similaridade ecológica e morfológica, estas famílias foram consideradas no passado como grupos irmãos (Piersma 1996a). Recentemente, estudos envolvendo análises moleculares separaram-nas em clados distintos dentro da ordem Charadriiformes, com Charadriidae pertencendo ao clado mais basal (Thomas et al. 2004; van Tuinen et al. 2004).

Anualmente, com a chegada do outono boreal, milhões de aves limícolas Charadriidae e Scolopacidae realizam longas migrações entre áreas de reprodução, no Ártico e Subártico, e áreas de invernagem, nas regiões tropicais e temperadas. Estas são áreas específicas e restritas, onde o clima e os suprimentos alimentares são adequados à sobrevivência destas aves durante o período de invernagem e a preparação para o retorno às suas áreas de origem. A migração tem um papel fundamental no ciclo anual das aves limícolas e envolve o acúmulo e uso de reservas de gordura necessárias para a viagem de longas distâncias. Devido ao alto requerimento energético, a qualidade e a quantidade de alimento disponível, bem como a qualidade de habitats utilizados durante seus ciclos anuais, são cruciais para a sobrevivência destas espécies (Morrison 1984).

Entre as principais áreas de invernagem de Charadriidae e Scolopacidae limícolas estão as áreas costeiras que contemplam amplas áreas intermareais como estuários e baías. Nestes ambientes, as aves concentram-se em centenas ou milhares, compartilhando os mesmos locais de alimentação e descanso. Ainda, buscam por presas no sedimento intermareal e alimentam-se essencialmente de macro-invertebrados

bentônicos como anelídeos poliquetas, moluscos e crustáceos (Piersma 1996a, b). Com a completa inundação da área intermareal durante a maré alta, as aves deixam a área de alimentação, refugiando-se em locais acima do nível máximo da maré, onde, sobretudo, descansam. Com o retorno da exposição do sedimento intermareal, estas aves forrageiam continuamente para maximizar as oportunidades de alimentação (Burger et al. 1977; Granadeiro et al. 2006).

Charadriidae e Scolopacidae limícolas requerem grande quantidade de energia durante a sua permanência em áreas de invernagem, e a busca de energia é influenciada por fatores abióticos e bióticos, particularmente: disponibilidade de presas, ritmo da maré, tipo de substrato (e.g. Granadeiro et al. 2007), proximidade de áreas de vegetação (e.g. Dekker & Ydenberg 2004) e de canais (e.g. Lourenço et al. 2005), posicionamento dos indivíduos dentro dos grupos em alimentação (e.g. Beauchamp 2005) e presença de potenciais predadores (e.g. Whitfield 2003; Pomeroy 2006; Yasué 2006). Embora as espécies exibam padrões similares de atividade (e.g. período de tempo investido em forrageamento e descanso em função da maré), determinadas alterações comportamentais podem surgir em função de características ambientais particulares a cada área de invernagem (Puttick 1984).

Os animais freqüentemente se deparam com a necessidade de balancear investimento em aquisição de alimento e evitação de predação. Neste sentido, a predação promove um custo ao forrageamento, uma vez que estes respondem fortemente ao risco, exibindo comportamentos antipredatórios (Bednekoff 2007; Cresswell 2008). Aves de rapina são um dos principais predadores de Charadriidae e Scolopacidae em áreas de invernagem (e.g. Whitfield 2003; Dekker & Ydenberg 2004), e aves limícolas modificam seu comportamento na presença destes potenciais predadores. Algumas destas alterações são: redução das taxas de alimentação, aumento

do tamanho do grupo e/ou aumento das taxas de deslocamento (e.g. Cresswell 1994; Whitfield 2003). Um pequeno aumento na abundância de aves de rapina em uma área de alimentação pode levar a evitação destas áreas pelas limícolas (e.g. Ydenberg et al. 2004). Aves limícolas também reconhecem humanos e animais domésticos como potenciais predadores em áreas de alimentação e reprodução, exibindo respostas comportamentais antipredatórias na presença destes (Piersma 1996a, b).

Charadriiformes e outras aves migratórias utilizam rotas específicas (*flyways*) entre áreas de reprodução e invernagem. Três principais rotas utilizadas por múltiplas espécies e/ou populações foram descritas para o Hemisfério Ocidental: a rota envolvendo a costa pacífica americana (*Pacific America*), a rota do interior do continente americano (*Mississippi America*) e a rota costeira atlântica americana (*Atlantic America*) (Boere & Stroud 2006). As rotas *Mississippi* e *Atlantic America* são utilizadas por populações de Charadriidae e Scolopacidae neárticas que invernam na costa do Brasil. As principais áreas de invernagem na costa brasileira se encontram nos Estados do Pará, Maranhão e Rio Grande do Sul, atualmente reconhecidas como áreas-chave para a conservação de aves limícolas no Hemisfério Ocidental (Serrano 2008). Além destas áreas na costa brasileira, Antas (1983) e Morrison e Ross (1989) destacaram a Baía de Todos os Santos, Bahia, como uma relevante área de invernagem no nordeste do Brasil. Através de censos aéreos nesta região em 1983, foram estimados mais de 2000 Charadriidae e Scolopacidae neárticas em invernagem, sendo aproximadamente 1500 aves de pequeno porte e 500 aves de médio e grande porte. Por este motivo, e também por abrigar espécies Ciconiiformes residentes, a Baía de Todos os Santos foi considerada como uma importante área para a conservação de aves em ambientes aquáticos no Brasil (de Luca et al. 2006). Gabriel Soares de Sousa foi um dos pioneiros a relatar espécies de aves habitando a costa da Baía de Todos os Santos em

seu ‘Tratado descritivo do Brasil em 1587’ (ver Sousa 1851), em que referencia possivelmente Charadriiformes e Ciconiiformes, respectivamente, nos trechos:

‘Carapirá é uma ave, a que os mareantes chamam rabifurcado, os quais se vão cinquenta e sessenta léguas ao mar, de onde se recolhem para a Bahia, diante de algum navio do reino, ou do vento sul, que lhes vem nas costas ventando, de onde tornam logo a fazer volta ao mar; mas criam em terra, ao longo dele.’

‘Na Bahia ao longo da água salgada, nas ilhas que ela tem, se criam garcetas pequenas, a que os índios chamam carabuçu; algumas são brancas e, outras, pardas, as quais são umas plumas cinzentas pequenas...; tôdas criam ao longo do mar, onde tomam peixe, de que se mantêm, e caranguejos novos; e esperam bem a espingarda.’

A Baía de Todos os Santos, BA, é a segunda maior baía brasileira (12°50’S e 38°38’O). Apresenta uma área de 1223 km² e profundidade média de 9,8 m. A área intermareal desta baía cobre 327 km², e é composta principalmente por sedimentos areno-argilosos associados a manguezais (Cirano & Lessa 2007, ver Anexo II). O clima é do tipo tropical-úmido, com duas estações bem definidas, seca e chuvosa, temperatura média anual de 24,5 °C e pluviosidade média anual de 1350 mm (INMET 2010). O processo de ocupação da área costeira durante a colonização europeia iniciou-se no século XVI, área que era originalmente ocupada por populações indígenas. Relatos deste período evidenciam a importância da área intermareal para a coleta de mariscos e a pesca pelos índios, e posteriormente pelos colonizadores portugueses e seus escravos africanos (Sousa 1851). Essas atividades de coleta e pesca são até hoje praticadas por populações tradicionais na costa oeste na Baía de Todos os Santos (e.g. Souto 2004).

Populações de aves limícolas estão declinando em todos os continentes, e a razão para este declínio é ainda pouco compreendida. Entre as suas principais ameaças

estão: a perda e a deterioração de habitats de invernagem e de parada temporária e distúrbios causados pela presença humana. Na América do Sul, dados sobre estimativas populacionais ou sobre as principais ameaças a estas espécies ainda são escassos (IWSG 2003), tornando-se necessários, portanto, estudos que investiguem tanto o comportamento desses animais, quanto o efeito antrópico em áreas de invernagem.

Com o intuito de estudar as estratégias de forrageamento e evitação de predadores em aves limícolas Charadriidae e Scolopacidae na Baía de Todos os Santos, quatro linhas gerais foram investigadas: (i) Efeito não-letal de uma ave de rapina em batuíras, *Charadrius*; (ii) Relação entre movimento da maré, risco de predação e estratégias de forrageamento em aves limícolas neárticas; (iii) Respostas comportamentais de aves limícolas à presença humana; e (iv) Abundância sazonal e uso de área intermareal para forrageamento. Ainda, em uma nota adicional, é apresentado o primeiro registro de reprodução de *Charadrius wilsonia* nesta região e a influência da presença de animais domésticos em seu sucesso reprodutivo.

O estudo baseou-se em experimentos e observações em campo na costa oeste da Baía de Todos os Santos, entre dezembro de 2006 e março de 2009. Os resultados apresentados nesta tese referem-se a aspectos sobre a ecologia comportamental de aves limícolas, os quais poderão ser utilizados no manejo e na conservação desta baía tropical. Vale ressaltar que a manutenção da diversidade e da qualidade de habitats nesta baía é crucial para atender os requerimentos particulares de 10 espécies de Charadriidae e Scolopacidae migratórias e de uma população residente de *Charadrius wilsonia*. E para tanto, faz-se necessária a criação de zonas exclusivas para forrageio e descanso de aves limícolas.

Referências

- Antas, P. T. Z.** 1983. Migration of Nearctic shorebirds (Charadriidae and Scolopacidae) in Brasil – flyways and their different seasonal use. *Wader Study Group Bulletin*, **39**, 52–56.
- Beauchamp, G.** 2005. Low foraging success of semipalmated sandpipers at the edges of groups. *Ethology*, **111**, 785–798.
- Bednekoff, P. A.** 2007. Foraging in the face of danger. In: *Foraging: behaviour and ecology* (Ed. by D. W. Stephens, J. S. Brown & R. C. Ydenberg), pp. 305–330. United States of America: University of Chicago Press.
- Boere, G. C. & Stroud, D. A.** 2006. The flyway concept: what it is and what it isn't. *Waterbirds around the world* (Ed. G. C. Boere, C. A. Galbraith & D. A. Stroud), pp. 40–47. Edinburgh: The Stationery Office.
- Burger, J., Howe, M. A., Hahn, D. C. & Chase, J.** 1977. Effects of tide cycles on habitat selection and habitat partitioning by migrating shorebirds. *Auk*, **94**, 743–758.
- Cirano, M. & Lessa, G. C.** 2007. Oceanographic characteristics of Baía de Todos os Santos, Brazil. *Revista Brasileira de Geofísica*, **25**, 363–387.
- Cresswell, W.** 1994. Flocking is an effective anti-predation strategy in redshanks, *Tringa totanus*. *Animal Behaviour*, **47**, 433–442.
- Cresswell, W.** 2008. Non-lethal effects of predation in birds. *Ibis*, **150**, 3–17.
- de Luca, A., Develey, P. & Olmos, F.** 2006. *Waterbirds in Brazil: Final report*. São Paulo: Save Brazil (acessado em: 26 de outubro de 2009, <http://www.birdlife.org/action/science/species/waterbirds/waterbirds_pdf/waterbirds_report_brazil_2006.pdf>)
- Dekker, D. & Ydenberg, R.** 2004. Raptor predation on wintering dunlins in relation to the tidal cycle. *Condor*, **106**, 415–419.

- Granadeiro, J. P., Dias, M. P., Martins, R. C. & Palmeirim, J. M.** 2006. Variation in numbers and behaviour of waders during the tidal cycle: implications for the use of estuarine sediment flats. *Acta Oecologica*, **29**, 292–300.
- Granadeiro, J. P., Santos, C. D., Dias, M. P. & Palmeirim, J. M.** 2007. Environmental factors drive habitat partitioning in birds feeding in intertidal flats: implications for conservation. *Hydrobiologia*, **587**, 291–302.
- INMET - Instituto Nacional de Meteorologia.** 2010. *Normais Climatológicas – 1961 a 1990*. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (Acessado em: 19 Fevereiro de 2010, <<http://www.inmet.gov.br>>).
- IWSG - International Wader Study Group.** 2003. Waders are declining worldwide. Conclusions from the 2003 Wader Study Group Conference. Cadiz, Spain. (Acessado em: 26 de outubro de 2009, <http://www.waderstudygroup.org/cons/the_cadiz_conclusions.pdf>).
- Lourenço, P. M., Granadeiro, J. P. & Palmeirim, J. M.** 2005. Importance of drainage channels for waders foraging on tidal flats: relevance for the management of estuarine wetlands. *Journal of Applied Ecology*, **42**, 477–486.
- Morrison, R. I. G.** 1984. Migration systems of some New World shorebirds. In: *Shorebirds: Migration and Foraging Behavior, Behavior of Marine Animals, Vol. 6* (Ed. J. Burger & B. L. Olla), pp. 125–202. New York: Plenum Press.
- Morrison, R. I. G. & Ross, R. K.** 1989. *Atlas of Nearctic shorebirds on the coast of South America, Volume 2*. Ottawa: Canadian Wildlife Service Special Publication.
- Piersma, T.** 1996a. Family Charadriidae (plovers). In: *Handbook of the birds of the world. Vol. 3, Hoatzin to Auks* (Ed. by J. del Hoyo, A. Elliott & J. Sargatal), pp. 384–409. Barcelona: Lynx Editions.

- Piersma, T.** 1996b. Family Scolopacidae (sandpipers, snipes and phalaropes). In: *Handbook of the birds of the world. Vol. 3, Hoatzin to Auks* (Ed. by J. del Hoyo, A. Elliott & J. Sargatal), pp. 444–487. Barcelona: Lynx Editions.
- Pomeroy, A. C.** 2006. Tradeoffs between food abundance and predation danger in spatial usage of a stopover site by western sandpipers, *Calidris mauri*. *Oikos*, **112**, 629–637.
- Puttick, G. M.** 1984. Foraging and activity patterns in wintering shorebirds. In: *Shorebirds: Migration and Foraging Behavior, Behavior of Marine Animals, Vol. 6* (Ed. J. Burger & B. L. Olla), pp. 203–232. New York: Plenum Press.
- Serrano, I. L.** 2008. Challenges and advances at the Brazilian WHSRN sites. *Ornitologia Neotropical*, **19**, 329–337.
- Sousa, G. S.** 1851. *Tratado descritivo do Brasil em 1587*. 2nd edn. (Ed. F. A. de Varnhagen) (Acessado em: 31 de outubro de 2009, <<http://www.dominipublico.gov.br/download/texto/me003015.pdf>>)
- Souto, F. J. B.** 2004. A ciência que veio da lama: uma abordagem etno-ecológica das relações entre ser humano/manguezal na comunidade pesqueira de Acupe, Santo Amaro-BA. Doctoral thesis, Universidade Federal de São Carlos.
- Thomas, G. H., Wills, M. A. & Székely, T.** 2004. A supertree approach to shorebird phylogeny. *BMC Evolutionary Biology*, **4**, 28 (doi:10.1186/1471-2148-4-28)
- van Tuinen, M., Waterhouse, D. & Dyke, G. J.** 2004. Avian molecular systematics on the rebound: a fresh look at modern shorebird phylogenetic relationships. *Journal of Avian Biology*, **35**, 191–194.
- Whitfield, D. P.** 2003. Raptor predation on non-breeding shorebirds: some thoughts for the future. *Wader Study Group Bulletin*, **100**, 134–137.
- Yasué, M.** 2006. Environmental factors and spatial scale influence shorebirds'

responses to human disturbance. *Biological Conservation*, **128**, 47–54.

Ydenberg, R. C., Butler, R. W., Lank, D. B., Smith, B. D. & Ireland, J. 2004.

Western sandpipers have altered migration tactics as peregrine falcon populations have recovered. *Proceedings of the Royal Society B*, **271**, 1263–1269.

Capítulo I

Abundância sazonal e uso de área intermareal para forrageamento por Charadriidae e Scolopacidae na Baía de Todos os Santos, nordeste do Brasil.

Abundância sazonal e uso de área intermareal para forrageamento por Charadriidae e Scolopacidae na Baía de Todos os Santos, nordeste do Brasil.

Resumo

Zonas intermareais, em baías e estuários, são conhecidas como importantes áreas de grandes agregações de diferentes espécies de aves limícolas, ocupando uma variedade de condições ecológicas enquanto forrageiam. Neste trabalho, avaliamos a variação sazonal e uso de hábitat por Charadriidae e Scolopacidae costeiras, durante forrageamento em área intermareal (280 ha) na costa oeste da Baía de Todos os Santos, Brasil. A distribuição destas espécies foi relacionada às características ambientais e à distribuição de outras espécies limícolas residentes. A área intermareal estudada foi dividida em parcelas, onde realizamos censos semanais de aves em forrageamento durante a maré baixa. Com o intuito de investigar as variáveis ambientais locais e o efeito antrópico, realizamos a análise de sedimento, de invertebrados e a contagem de marisqueiros durante os censos. Os limites das parcelas investigadas foram introduzidos em um Sistema de Informação Geográfica e a partir dele foram calculados: área das parcelas, densidade das aves e marisqueiros, cobertura de manguezal e distância dos principais canais fluviais. A Análise de Correspondência Canônica foi utilizada para investigar as densidades das aves nas parcelas, de acordo com as variáveis ambientais avaliadas. As espécies foram ordenadas e classificadas em cinco grupos ocupando diferentes microhabitats na área de estudo. As variáveis ambientais que mais afetaram a distribuição das aves limícolas foram: tipo de sedimento, disponibilidade de macroinvertebrados e cobertura de manguezal. Também foram encontrados picos de abundância de aves em outubro e abril, sugerindo a utilização da faixa intermareal como área de alimentação durante as passagens migratórias. Esses resultados revelam a importância desta baía para alimentação e permanência de centenas de aves limícolas migratórias e residentes. Ainda, a manutenção da diversidade de microhabitats das áreas intermareais nesta baía é crucial para satisfazer requerimentos ecológicos particulares das espécies.

Palavras-chave: América do Sul, Análise de Correspondência Canônica, fatores ambientais, repartição de hábitat, SIG.

1. Introdução

Muitas aves costeiras Charadriidae e Scolopacidae (Aves, Charadriiformes) neárticas são altamente migratórias e dependem de uma seqüência de áreas essenciais para completarem seus ciclos anuais (Morrison, 1984; Myers et al., 1987). As áreas utilizadas durante o período de invernada e durante as paradas temporárias (*stopovers*) são restritas, específicas e particularmente importantes para a sobrevivência de centenas a milhares de indivíduos destas espécies. Enquanto residem temporariamente nestes locais, investem grande parte do seu tempo em alimentação, recuperando-se energeticamente da migração e acumulando reservas para o próximo estágio dos seus ciclos (Myers et al., 1987; IWSG, 2003; Morrison et al., 2007). Nestes ambientes, as diferentes espécies exibem requerimentos ecológicos específicos, ocupando microhabitats característicos para forrageamento, em função da estrutura do hábitat (Granadeiro et al., 2004, 2007; Kober e Bairlein, 2009). Dentre os fatores associados ao uso do hábitat destacam-se: a disponibilidade e distribuição de presas (e.g. Hicklin e Smith, 1984; Kalejta e Hockey, 1994), o tipo de sedimento (e.g. Granadeiro et al., 2004, 2007; Kober e Bairlein, 2009), a proximidade de áreas florestais (e.g. Kober, 2004; Yasué, 2006) e de canais (e.g. Lourenço et al., 2005) e a presença de atividades humanas (e.g. Navedo e Masero, 2007).

As áreas costeiras da América do Sul estão entre os locais utilizados como área de invernada e *stopover* por muitos Charadriiformes Neárticos migratórios (Morrison e Ross, 1989). Infelizmente, estas áreas vêm sendo drasticamente afetadas por atividades humanas (Bildstein et al., 1991), comprometendo, potencialmente, a sobrevivência de muitas populações de aves costeiras (Myers et al., 1987; Morrison et al., 2001; Baker et al., 2004). Estudos sobre a abundância sazonal e uso do hábitat, analisados em relação às características ambientais locais, são cruciais para o manejo adequado destas áreas,

visando à conservação de aves costeiras (Granadeiro et al., 2007). Recentemente, técnicas em estatística formal, envolvendo ordenação e classificação, têm possibilitado a análise e a descrição simultânea da distribuição das espécies e suas relações com múltiplos fatores ambientais (Begon et al., 2006). Estas técnicas foram empregadas com sucesso em alguns estudos para determinar a distribuição de aves costeiras em áreas de invernada e *stopovers*, e permitiram identificar as necessidades ecológicas das diferentes espécies (Granadeiro et al., 2007; Kober e Bairlein, 2009) e uma melhor predição sobre os efeitos das atividades humanas (Granadeiro et al., 2007).

A costa atlântica norte da América do Sul está entre as regiões mais importantes para invernada e *stopover* de Charadriidae e Scolopacidae neárticas, dentro das rotas migratórias do hemisfério oeste (Morrison, 1984; Morrison e Myers, 1987; Morrison e Ross, 1989; Rodrigues, 2000; Serrano, 2008). As zonas intermareais utilizadas para alimentação, nesta região, podem ser muito variáveis quanto à disponibilidade e distribuição de invertebrados e ao tipo de sedimento, e são fortemente influenciadas por fatores físicos e pelos manguezais. Esta variabilidade de condições pode levar à preferência por forrageamento em diferentes microhabitats e à estruturação da comunidade de Charadriiformes migratórios (Kober, 2004; Kober e Bairlein, 2009). O tipo do sedimento e seu grau de umidade estão entre os principais fatores na escolha de locais para forrageamento destas aves costeiras, em condição de baixa disponibilidade de alimento. Ainda, espécies maiores preferem forragear em substratos úmidos, enquanto espécies menores ocupam substratos mais secos (Kober e Bairlein, 2009). Estas áreas de alimentação são ainda utilizadas para forrageamento por aves limícolas residentes (Ciconiiformes), as quais, supostamente, não competem por alimento e por locais para forrageamento com outras aves costeiras (Kober, 2004).

Nos últimos dez anos, levantamentos sazonais na costa nordeste da América do Sul têm apontado algumas áreas de importância secundária para a invernada de aves costeiras, dentro da rota migratória atlântica (Azevedo Júnior et al., 2001; Larrazábal et al., 2002; Tellino-Júnior et al., 2003; Lyra-Neves et al., 2004; Cabral et al., 2006; Barbieri, 2007; Barbieri e Hvenegaard, 2008). Muitas destas áreas têm sido reconhecidas como áreas-chave para a conservação de aves costeiras neárticas e neotropicais no Brasil (de Luca et al., 2006). Apesar deste reconhecimento, poucos estudos investigaram a distribuição de aves costeiras em relação aos fatores ambientais, ao uso do hábitat e aos requerimentos espécie-específicos nesta região tropical (e.g. Tellino-Júnior, 1999).

Na década de 1980, a Baía de Todos os Santos (Bahia, nordeste do Brasil) foi apontada como área de invernada e *stopover*, para Charadriidae e Scolopacidae neárticas que migram para regiões meridionais do hemisfério sul (Antas, 1983; Morrison e Myers, 1987; Morrison e Ross, 1989). Contudo, informações detalhadas sobre riqueza de espécies, abundância sazonal e uso da área intermareal ainda não foram descritas para a região. Pretende-se aqui fornecer uma primeira compreensão sobre o uso de áreas intermareais por aves costeiras na Baía de Todos os Santos, e com isso subsidiar a tomada de decisões que visem compatibilizar a conservação destas aves à ocupação e uso ordenado desta baía.

Propõe-se neste estudo: (1) descrever a variação sazonal de aves Charadriidae e Scolopacidae durante forrageio, em uma região intermareal parcialmente conservada na costa oeste da Baía de Todos os Santos, e (2) interpretar a distribuição das aves costeiras em relação às variáveis ambientais e à distribuição das aves Ciconiiformes residentes nesta baía. Assim, buscou-se responder algumas questões: (i) Quais as espécies Charadriidae e Scolopacidae que utilizam a região para invernada, *stopover* e residência

ao longo do ano? (ii) Aves Ciconiiformes residentes utilizam os mesmos microhabitats para forrageio que Charadriiformes migratórios e residentes? (iii) Quais variáveis ambientais (listadas abaixo) estão relacionadas com o uso da zona intermareal por aves em forrageio? e (iv) As espécies investigadas podem ser ordenadas de acordo com requerimentos ecológicos necessários ao forrageio?

2. Métodos

2.1. Área de estudo

Este estudo foi conduzido na Baía de Todos os Santos, Bahia, nordeste do Brasil. É a segunda maior baía brasileira, cobrindo uma área de 1223 km², com profundidade média de 9,8 m (Cirano e Lessa, 2007). As áreas intermareais, dentro da Baía, cobrem uma área aproximada de 327 km², sendo compostas por sedimentos areno-argilosos, muitas vezes, associados aos manguezais (ver Cirano e Lessa, 2007). As marés são semidiurnas e as amplitudes variaram entre 3,1 m, nas marés de sizígia no outono, e 0,9 m, nas marés de quadratura na primavera (<<http://www.cptec.inpe.br>>). Em 1999, esta baía foi decretada como área de proteção ambiental, tendo como um dos principais objetivos a preservação dos manguezais e a fauna associada, em especial a avifauna migratória (Decreto Estadual nº 7.595, Bahia, Brasil).

A área intermareal investigada localiza-se à margem oeste da baía, com extensão de 280 ha (limite norte: 12°46'S, 38°42'O; limite sul: 12°46'S, 38°45'O). As seguintes variáveis favoreceram a escolha da área de estudo: (i) atividade antrópica relativamente baixa; (ii) presença de assembléias de aves limícolas em alimentação e (iii) complexo sistema de manguezais, canais de rios, praias arenosas e área intermareal extensa e variável composição granulométrica.

2.2. Censos das aves

A área de estudo foi dividida em 11 parcelas (cada parcela com aproximadamente 25 ha), em série contínua, utilizando-se marcas naturais, marcações semipermanentes (estacas de madeira) e um GPS (Fig. 1). Os censos das aves foram realizados em todas as parcelas, entre janeiro e dezembro de 2007, uma vez por semana, após o horário da maré baixa e durante o dia. Os censos tiveram duração total de 55 min por dia (5 min por parcela) e as aves foram contadas, por um único observador, a partir de pontos fixos no manguezal, adjacentes a cada parcela, em locais favoráveis à observação. O deslocamento entre os pontos fixos foi realizado por meio de trilhas no interior do manguezal, com o intuito de evitar a detecção do observador pelas aves. Os dados coletados em cada parcela representam contagem direta e não uma estimativa do total de indivíduos por espécie.

2.3. Abundância sazonal

Os dados dos censos semanais (nº de indivíduos/espécie) foram utilizados para a descrição da variação da abundância das espécies ao longo do ano. Utilizou-se a média móvel centrada (*centered moving average*) para uma representação mais uniforme da variação sazonal do número de aves ao longo do ano e para a identificação de períodos de maior e menor abundância (veja Greenwood e Robinson, 2006). Através desta metodologia, a série de dados absolutos dos censos foi transformada em uma nova série de valores, em que cada valor corresponde à média de dois dados anteriores e dois posteriores ao redor de um dado na série de dados absolutos, incluindo este próprio dado. O software SPSS versão 11.5.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, EUA) foi utilizado para esta análise.

2.4. Densidade das espécies nas parcelas

Os limites das parcelas foram introduzidos no Sistema de Informação Geográfica (SIG) do software ArcView 3.2 (ESRI, 1999), utilizando como referência uma imagem de satélite (CBER-2 <<http://www.cbers.inpe.br>>) da área de estudo durante a maré baixa. Calculamos a área de cada parcela e expressamos as contagens de aves em densidade, aves/10 ha, devido ao número reduzido de aves por hectare.

Para a descrição da densidade média das espécies ao longo do ano, os dados de densidade (espécies/parcela) foram estratificados em dois períodos, baseado na variação sazonal das espécies: verão e inverno. O verão (2^a quinzena de outubro a 1^a quinzena de abril) consistiu o período do ano de maior abundância das aves na área de estudo e o inverno (2^a quinzena de abril a 1^a quinzena de outubro), o de menor abundância. A densidade média das espécies/parcela foi calculada e utilizada para as análises de distribuição espacial das espécies, em cada um dos períodos: verão e inverno.

2.5. Variáveis ambientais

Para a análise da distribuição das aves na área de estudo as seguintes variáveis ambientais foram consideradas: densidade média de marisqueiros, densidade média de potenciais presas, tipo de sedimento, cobertura de manguezal e distância aos canais fluviais e de drenagem, descritas abaixo.

2.5.1. Marisqueiros

Durante os censos das aves, foi registrado o número de pessoas coletando mariscos (marisqueiros), em cada parcela, como estimativa da influência da atividade antrópica sobre o número de aves em alimentação. Como a coleta de mariscos representa a principal atividade humana na área de estudo, o observador manteve-se

vestido com um traje semelhante ao usado pelos marisqueiros (camiseta, bermuda, chapéu de palha e pés descalços). Desta maneira, a presença do observador foi adicionada às contagens dos marisqueiros em cada parcela. Os censos de marisqueiros/parcela durante o verão foram transformados em densidade média (indivíduos/ha), a partir da área de cada parcela calculada em SIG.

2.5.2. Potenciais presas

Entre setembro e dezembro de 2007, foram realizadas amostragens quinzenais de sedimento (coletor: 10 x 10 x 10 cm) para avaliar a densidade de presas potenciais (macroinvertebrados) e o tipo de sedimento que compunha as parcelas. As amostras de solo foram realizadas a partir de uma transeção perpendicular à linha da água, na região intermediária da parcela. Para realização das amostragens, foram estabelecidos então três pontos em cada transeção: 10 m, 110 m e 210 m, a partir do limite superior (costeiro) das parcelas. A partir destes pontos, foram realizadas duas amostragens de sedimento, uma à direita e outra à esquerda do ponto. A distância entre estas duas coletas variou de 2 a 16 m, entre o primeiro e o último dia de coleta, evitando-se a amostragem em um mesmo local. Em cada dia de amostragem, foram analisadas seis amostras por parcela, totalizando 48 amostras analisadas em cada parcela. Os macroinvertebrados foram extraídos em campo com uma peneira de 0,7 mm, e os que ficaram retidos, foram contados e identificados em três grupos taxonômicos de fácil reconhecimento: Annelida, Mollusca e Crustacea (Adaptado de Hicklin e Smith, 1984). Os macroinvertebrados foram identificados de acordo com Melo (1996) e Amaral et al. (2006). Estes grupos representam a maioria dos macroinvertebrados presentes nos sedimentos da zona intermareal da costa oeste Baía de Todos os Santos (e.g. Barros et al., 2008). Após a identificação, foi calculado o número médio de macroinvertebrados

(independente do grupo taxonômico) nas 48 amostras em cada parcela. A média foi então utilizada como estimativa da densidade de potenciais presas (n° macroinvertebrados/m²) em cada parcela (adaptado de Hicklin e Smith, 1984). Macroinvertebrados pertencentes a outros grupos taxonômicos, fragmentos de macroinvertebrados ou indivíduos não selecionados pela peneira não foram considerados nas estimativas. As amostras de sedimento e todos os macroinvertebrados foram imediatamente devolvidos ao mesmo local onde foram amostrados.

2.5.3. Tipo de sedimento

Uma única amostragem (10 x 10 x 10 cm) foi realizada em cada um dos pontos do transecto (10, 100 e 210 m) para determinar o tipo de sedimento predominante em cada parcela (Adaptado de Hicklin e Smith, 1984). As amostras foram estratificadas em cinco tipos de sedimento com diferentes granulometrias, utilizando peneiras de diâmetros 4, 2, 1 e 0,5 mm. A partir da estratificação destas amostras, inferiu-se sobre o tipo de sedimento predominante nas parcelas, em uma escala de 1 a 5, baseado em Wentworth (1922), sendo: (i) grãos finos de areia, silte e argila, com predominância de sedimentos < 0,5 mm nas amostras; (ii) areia grossa, entre 0,6 e 1 mm; (iii) areia muito grossa, entre 1,1 e 2 mm; (iv) grânulo, entre 2,1 e 4 mm e (v) seixo, entre 4,1 e 64 mm. Grânulos e seixos foram principalmente fragmentos de conchas.

2.5.4. Cobertura de manguezal

Utilizando as ferramentas disponíveis no software ArcView dentro do ambiente de SIG, foi obtido a área da cobertura vegetal de manguezal por parcela. Esta variável, assim como a distância aos canais fluviais (ver abaixo), foram selecionadas por serem freqüentemente associadas à distribuição das aves limícolas em alimentação

[proximidade de cursos de água (e.g. Lourenço et al., 2005); cobertura vegetal (e.g. Yasué, 2006)]. Para a estimativa da área de influência dos manguezais (ha), foi traçada uma zona tampão de 200 m ao redor de cada parcela próxima a cobertura de manguezal, baseada na largura da faixa de manguezal da área de estudo. Assim, determinou-se a área de manguezal presente nesta zona.

2.5.5. Distância aos canais fluviais

Aqui também foram utilizadas as ferramentas do software ArcView, dentro do ambiente de SIG, para determinar a distância dos canais fluviais para cada parcela. Esta distância foi calculada a partir da distância mínima (m) entre um canal de rio e o centro de cada parcela.

2.6. Análise dos dados

A Análise de Correspondência Canônica (*Canonical Correspondence Analysis*, CCA, ter Braak, 1986) foi utilizada para analisar a associação das espécies às variáveis ambientais selecionadas para a Baía de Todos os Santos. A CCA é uma extensão da análise de correspondência simples, a qual extrai eixos de ordenação a partir de interações entre espécies e suas densidades, utilizando-se de análises de regressão múltipla (*least-squares*). Na CCA, cada interação entre uma espécie e sua densidade é considerada uma variável dependente em uma regressão múltipla, enquanto cada variável ambiental é considerada uma variável independente, impondo restrição aos eixos de ordenação. Esta análise resulta em uma matriz de ordenação de espécies por localidade, onde os eixos de ordenação são maximamente correlacionados com um conjunto de preditores ambientais. Também resulta em um diagrama que resume as relações entre as espécies e as variáveis ambientais. Os pontos no diagrama representam

as espécies, enquanto os vetores representam as variáveis ambientais, e a análise dos eixos no diagrama permite avaliar quais variáveis ambientais melhor explicam a distribuição das espécies (ter Braak, 1986; Palmer, 1993). Previamente à análise de CCA, os dados dos censos foram transformados (a raiz quadrada foi extraída) para suavizar as discrepâncias entre densidades de espécies extremamente abundantes e raras. Ainda, as variáveis ambientais foram centradas e dimensionadas em uma unidade de medida, para a remoção da arbitrariedade das diferentes unidades de medidas das variáveis ambientais, tornando os resultados comparáveis a outras CCAs (ter Braak, 1986; Palmer, 1993).

A análise de agrupamento UPGMA (*Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean Algorithm*, Gauch, 1982) foi utilizada para melhor visualização da estrutura da distribuição das espécies ao longo dos gradientes gerados pela CCA (três primeiros eixos).

Para uma descrição do microhabitat utilizado por cada agrupamento de espécies, obtido em uma UPGMA, foi calculado um valor médio ponderado, a partir da densidade das espécies, para cada variável ambiental (e.g. Gauch, 1982; ter Braak e Verndonschot, 1995). As variáveis ambientais foram quantificadas de acordo com as seguintes unidades de medida: densidade de macroinvertebrados em ind/m², tipo de sedimento em uma escala de 1 a 5, cobertura de manguezal em ha, marisqueiros em ind/ha e distância de canais fluviais em m. O valor médio ponderado foi calculado a partir da seguinte fórmula:

$$\text{Média ponderada} = \Sigma (Var_j Dsp_i) / \Sigma (Dsp_i)$$

Onde: Var_j = medida da variável ambiental na parcela j (variando de 1 a 11);

Dsp_i = densidade da espécie i do agrupamento.

Para a Análise de Correspondência Canônica, foi utilizado o pacote *vegan* (Oksanen et al., 2009), associado ao pacote estatístico R versão 2.9.0 (*The R Foundation for Statistical Computing*, disponível em <<http://www.R-project.org>>).

3. Resultados

3.1. Variação sazonal em área intermareal

Durante o ano de 2007, 10 espécies de Charadriiformes limícolas utilizaram freqüentemente a área intermareal para alimentação: *Pluvialis squatarola*, *Charadrius semipalmatus*, *Charadrius wilsonia* e *Charadrius collaris* (Charadriidae), *Numenius phaeopus*, *Tringa semipalmata*, *Arenaria interpres*, *Actitis macularius*, *Calidris alba* e *Calidris pusilla* (Scolopacidae). A maioria destas espécies exibiu padrão migratório ao longo do ano, sendo registradas, principalmente, entre janeiro e 1ª quinzena de abril, e entre 2ª quinzena de outubro e dezembro (Figs. 2 e 3, Tabela 1). Uma abundância máxima de ~ 430 indivíduos foi registrada em março e em outubro, sendo, no entanto, a representatividade das espécies bastante desigual. Não houve ampla variação do número de indivíduos de *C. wilsonia* ao longo do ano (Fig. 2). Pequenos grupos de *C. semipalmatus* e indivíduos solitários de *C. collaris* ocorreram durante o outono e inverno. Ainda, registros ocasionais de *A. macularius*, *A. interpres*, *P. squatarola*, *C. alba* e *C. pusilla* foram feitos na área durante o inverno (Fig. 2 e 3). Além destas espécies, dois indivíduos de *Limnodromus griseus* (Gmelin, 1789), um de *Calidris fuscicollis* (Vieillot, 1819) e cinco de *Calidris minutilla* (Vieillot, 1819) foram registrados forrageando na área de estudo em 2007. Além destas Charadriiformes, quatro espécies de Ciconiiformes limícolas utilizaram a área intermareal para alimentação ao longo do ano: *Butorides striata*, *Ardea alba*, *Egretta caerulea* e *Egretta*

thula. Um número máximo de 159 indivíduos em forrageio foi registrado para estas espécies em zona intermareal (Fig. 4, Tabela 1).

3.2. Associação entre espécies e influência das variáveis ambientais

A ordenação da distribuição das espécies em relação às variáveis ambientais foi realizada através de CCA e os resultados desta análise estão descritos na Tabela 2. Os três primeiros eixos canônicos explicam grande parte da variação dos dados (99,62%), podendo ser utilizados para descrever a distribuição das espécies em função das variáveis ambientais. O diagrama gerado pela CCA, envolvendo os eixos 1 e 2 e os eixos 1 e 3 (Fig. 5), separam as espécies em dois grandes grupos: (a) Ciconiiformes e *A. macularius* (Scolopacidae); e (b) demais Charadriiformes. Esta separação está relacionada, principalmente, com os gradientes de granulometria e à densidade de macroinvertebrados, e, mais sutilmente, à cobertura de manguezal e à distância aos canais fluviais ou de drenagem.

A análise de agrupamento dos resultados obtidos nos três eixos CCA permitiu uma segregação mais sutil de cinco grupos principais de espécies (Fig. 6): grupo 1: apenas *A. interpres* (Scolopacidae); grupo 2: *P. squatarola*, *C. semipalmatus*, *C. wilsonia* e *C. collaris* (Charadriidae); grupo 3: *N. phaeopus*, *T. semipalmata*, *C. alba* e *C. pusilla* (Scolopacidae); grupo 4: *A. macularius* (Scolopacidae) e *B. striata* (Ardeidae) e grupo 5: *E. caerulea*, *E. thula* e *A. alba* (Ardeidae).

Os grupos apresentaram, comparativamente, preferências distintas em relação às variáveis ambientais investigadas (Tabela 3). O grupo 1 apresentou forrageamento associado à locais com sedimento de maior granulometria (composto principalmente por grânulos), com alta densidade de macroinvertebrados e distantes de canais, já o grupo 2 também foi associado à sedimentos grosseiros (grânulos), com relativa abundância de

presas, distantes de canais, não sendo particularmente influenciado pela presença de coletores de mariscos. O grupo 3 utilizou mais intensamente sedimentos com granulometria intermediária (grânulos e areia grossa), e elevada densidade de presas, próximo a canais, sendo o grupo mais tolerante à presença de coletores de mariscos. O grupo 4 esteve associado à locais com cobertura de manguezal relativamente ampla e sedimentos com granulometria intermediária, enquanto o grupo 5 preferiu áreas com maior cobertura de manguezal, utilizando sedimentos de menor granulometria, e próximos aos canais.

4. Discussão

4.1. Variação sazonal em área intermareal

Os dados apresentados aqui confirmam a importância da zona intermareal da costa oeste da Baía de Todos os Santos como área de agregação para forrageamento durante a permanência de espécies limícolas neárticas no Brasil, principalmente, de setembro a março. Além disso, revelam a importância do local para espécies residentes como *C. wilsonia*, *B. striata*, *E. caerulea*, *E. thula* e *A. alba*. É preciso enfatizar que o número de aves que utilizam toda a extensão da Baía de Todos os Santos deve ser muito superior ao apresentado aqui, uma vez que nossos censos cobriram apenas uma parte da área intermareal desta baía.

Em uma proposta de rotas migratórias (*flyways*) de Charadriidae e Scolopacidae neárticos que migram para o Brasil, Antas (1983) descreve a rota migratória Costeira Atlântica (*Atlantic Ocean Flyway*) como importante trajeto utilizado, principalmente, por espécies marinhas. Esta rota compreende praticamente toda a região costeira do Brasil, indo da foz do Rio Amazonas até o Rio Grande do Sul. Como uma variação a esta rota, o autor descreve um atalho, a *North-eastern variation of Atlantic Ocean*

Flyway, onde muitas aves sobrevoariam o continente, ao invés de contornarem toda a costa nordeste do Brasil. Este desvio pelo continente localiza-se entre a Ilha de São Luís e o estuário do Rio Parnaíba (costa central do norte do Brasil), em direção sudeste, alcançando a Baía de Todos os Santos na costa nordeste. Assim, segundo esta proposta, a Baía de Todos os Santos seria um ponto-chave de encontro de duas rotas migratórias, e possivelmente um importante *stopover* para indivíduos que utilizam ambas as rotas em direção ao sul do Brasil. De fato, esses resultados apresentam claramente picos de abundância para as espécies neárticas durante dois períodos de passagem: fevereiro-março (migração sentido norte) e setembro-outubro (migração sentido sul). Este resultado evidencia a importância da região como *stopover* para muitos indivíduos, ou populações, que utilizam estas duas rotas (*flyways*) e migram para regiões costeiras mais ao sul da Baía de Todos os Santos.

As Charadriiformes neárticas *C. semipalmatus*, *C. pusilla* e *C. alba* foram as espécies mais abundantes na área intermareal da área de estudo durante o verão. Este mesmo padrão tem sido observado em outras regiões previamente estudadas na costa nordeste brasileira (Antas, 1983; Azevedo-Júnior et al., 2001; Larrazábal et al., 2002; Tellino-Júnior et al., 2003; Lyra-Neves et al., 2004; Cabral et al., 2006; Barbieri, 2007; Barbieri e Hvenegaard, 2008). A área de estudo também é uma importante zona de alimentação para as espécies neárticas menos abundantes: *A. interpres*, *N. phaeopus*, *T. semipalmata* e *A. macularius*, corroborando as descrições de Antas (1983). Ainda, algumas dezenas de indivíduos *C. semipalmatus* e poucos *P. squatarola*, *C. pusilla*, *A. interpres* e *C. alba* foram registrados durante o período de inverno. Provavelmente são indivíduos que não conseguiram se preparar fisiologicamente para retornarem às suas áreas de origem (veja também Tellino-Júnior et al., 2003; Cabral et al., 2006; Barbieri e Hvenegaard, 2008).

A Charadriidae neotropical *C. collaris* apresentou um padrão sazonal relativamente diferenciado em relação às espécies neárticas, com maiores abundâncias entre janeiro e 1ª quinzena de abril, e entre 2ª quinzena de outubro e dezembro. Durante maio e setembro o número de indivíduos presentes na área de estudo manteve-se reduzido, entre 1 e 7 indivíduos. *Charadrius collaris* é encontrada em outras áreas da costa do Brasil, entretanto, com períodos de abundância não equivalentes aos encontrados para a Baía de Todos os Santos. A espécie é mais freqüente entre maio e agosto, em regiões costeiras mais ao sul do Brasil (Vooren e Chiaradia, 1990; Barbieri e Pinna, 2005), e entre janeiro e agosto, na costa norte (Rodrigues e Lopes, 1997). Na costa nordeste, a abundância desta espécie variou muito entre regiões (Tellino-Júnior et al., 2003; Cabral et al., 2006; Barbieri, 2007; Barbieri e Hvenegaard, 2008).

Charadrius wilsonia apresentou um padrão atípico de baixa variação sazonal, quanto à abundância em área intermareal, em relação às outras Charadriiformes. Recentemente Grantsau e Lima (2008) relataram que esta espécie é residente em Mangue Seco, situado a norte da Baía de Todos os Santos. Estes autores descreveram esta população residente como uma nova subespécie, *C. w. brasiliensis*, com base em sua plumagem e reprodução, com distribuição costeira no Brasil, que vai do Amapá até o litoral norte da Bahia. A partir desta descrição, é sugerido aqui que grande parte da população de *C. wilsonia*, que utiliza a área de estudo, possa ser representada por esta subespécie. A baixa flutuação populacional na Baía de Todos os Santos, associada a evidências de reprodução na área (obs. pess.) corrobora esta proposta.

4.2. Associação entre espécies e influência das variáveis ambientais

Este estudo evidenciou que, dentre as variáveis ambientais analisadas, o tipo de sedimento e a densidade de macroinvertebrados, assim como a cobertura de manguezal,

parecem reger a seleção de habitats para forrageamento por aves costeiras. Na literatura, sugere-se que a densidade de muitas aves limícolas pode estar diretamente relacionada com o tipo de sedimento (e.g. Goss-Custard e Yates, 1992; Yates et al., 1993; Granadeiro et al., 2007; Kober e Barlein, 2009). Este fator implica em diferenças no grau de penetrabilidade e de umidade do solo, os quais estão frequentemente relacionados com a maneira como as diferentes espécies buscam suas presas (Myers et al., 1980; Granadeiro et al., 2004). Também é conhecido que a densidade de macroinvertebrados no substrato pode estar diretamente relacionada com a densidade de algumas espécies de aves limícolas, principalmente os Scolopacidae (Hicklin e Smith, 1984; Colwell e Landrum, 1993; Yates et al., 1993; Kalejta e Hockey, 1994; Butler et al., 2001).

Os resultados da CCA apontaram dois agrupamentos principais de espécies ocupando microhabitats bastante específicos: um grupo contendo a maioria dos Charadriiformes e outro contendo os Ciconiiformes e uma única Scolopacidae, *A. macularius*. Similarmente, uma nítida separação de nichos entre Ciconiiformes residentes e Charadriiformes migratórios, sendo manifestada pela sazonalidade, seleção de habitat e dieta das espécies, também foi encontrada para uma comunidade de aves limícolas no norte do Brasil (Kober, 2004). Estes três fatores ecológicos também são válidos para a Baía de Todos os Santos. O grupo dos Charadriiformes é principalmente migratório e selecionou habitats com maior abundância de macroinvertebrados no solo. Por outro lado, os Ciconiiformes são residentes, frequentemente associados ao manguezal e aos canais, onde buscam capturar peixes durante a maré baixa. É importante destacar que, na divisão em dois grupos de espécies, o Scolopacidae *A. macularius* esteve mais associado aos Ciconiiformes do que a outros Charadriiformes. Este aspecto pode ser explicado pela forte associação desta espécie a canais e

manguezais na Baía de Todos os Santos. Esta íntima associação de *A. macularius* aos manguezais também foi mencionada por outros autores na região neotropical (Bolster e Robinson, 1990; Willis, 1994; Kober, 2004).

Quando a distribuição das espécies nesses dois principais agrupamentos foi analisada, encontrou-se uma sutil segregação destas em cinco grupos. Os Charadriiformes foram subdivididos em três grupos. O primeiro grupo foi composto unicamente por *A. interpres*, preferindo particularmente áreas com sedimentos mais grosseiros e locais distantes de canais. No estuário do rio Tagus, Portugal, *A. interpres* também apresenta íntima associação aos canais de drenagem e a áreas contendo sedimentos mais grosseiros (Granadeiro et al., 2004, 2007). O segundo (Charadriidae) e o terceiro grupo (Scolopacidae), taxonomicamente distintos, foram alinhados ao longo de um gradiente de duas variáveis ambientais: tipo de sedimento e distância de canais. Charadriidae são essencialmente forrageadores visuais e Scolopacidae, forrageadores táteis. O tipo de substrato e seu grau de umidade podem influenciar desigualmente a detecção e a obtenção de presas por esses dois tipos de forrageadores (e.g. Kalejta e Hockey, 1994). Desta maneira, é esperado que Charadriidae e Scolopacidae tenham diferentes preferências por forrageamento, em função do substrato (e.g. Myers et al., 1980; Granadeiro et al., 2007). Ainda, o tipo e a umidade do sedimento poderiam determinar a distribuição de suas presas, influenciando indiretamente a distribuição das aves (e.g. Quammen, 1982; Hicklin e Smith, 1984; Kalejta e Hockey, 1994; Kober e Barlein, 2009). Estudos detalhados sobre a dieta das aves, distribuição de presas e análise de sedimento poderão adicionar mais informações sobre a preferência de microhabitats para forrageio em Charadriidae e Scolopacidae na Baía de Todos os Santos. *Butorides striata* e *A. macularius* (grupo 4) foram encontradas principalmente em forrageio solitário, próximo a canais e em poças d'água freqüentemente formadas na

borda dos manguezais. *Butorides striata* e *A. macularius* apresentaram uma distribuição mais homogênea na área intermareal, comparada às espécies do quinto grupo. O quinto grupo foi formado por agregações mistas de *E. caerulea*, *E. thula* e *A. alba*, freqüentes na área de estudo, particularmente em parcelas onde os canais estiveram associados à densas áreas de manguezais. Estas espécies também utilizaram o manguezal, adjacente a suas áreas de forrageio, como área de descanso, durante períodos de maré cheia e durante a noite.

A coleta de mariscos representa uma importante atividade de subsistência da comunidade tradicional que vive nesta região a mais de 400 anos (Sousa, 1851). Os mariscos são retirados manualmente durante a maré baixa ao longo do dia. Uma alta atividade de coletores de mariscos em área intermareal pode potencialmente afetar o forrageio de aves limícolas (e.g. Navedo e Masero, 2007; Dias et al., 2008). No entanto, a intensidade da atividade de coleta de mariscos em 2007, nesta área intermareal, parece não ter causado distúrbio às aves durante forrageio, uma vez que não afetou negativamente a ocupação dos habitats da maioria das espécies, principalmente os Charadriiformes (veja também Dias et al., 2008). Todavia, um estudo mais detalhado sobre a dieta e as taxas de alimentação das aves, na presença e na ausência de atividade antrópica, deve ser realizado para quantificar o efeito desta atividade no sucesso de forrageamento das aves. Vale ressaltar que a coleta de mariscos não deve ser a principal ameaça a estas aves na área de estudo, uma vez que a mais de quatro séculos, a área intermareal tem sido utilizada como fonte de subsistência por esta comunidade tradicional. Contudo, observa-se que grande parte da região costeira da Baía de Todos os Santos enfrenta uma ocupação desordenada, com a remoção de parte da cobertura vegetal remanescente (manguezais e restingas). Este crescimento desordenado tem descaracterizado ecologicamente grande parte dos habitats utilizados por aves limícolas

na Baía de Todos os Santos. Além disso, também existem duas outras ameaças potenciais às aves no local: a contaminação de invertebrados por metais pesados em um dos principais rios que deságuam na Baía de Todos os Santos (Hatje et al., 2006) e a contaminação de seus sedimentos e manguezais por compostos de petróleo (Celino et al., 2008).

Em conclusão, este estudo forneceu uma primeira descrição sobre a abundância sazonal de várias espécies Charadriiformes limícolas no uso da área intermareal na Baía de Todos os Santos. As análises utilizadas incorporaram fatores-chave que podem explicar a distribuição destas espécies, e como estas utilizam o espaço em relação às Ciconiiformes limícolas residentes. Foi constatado que a área intermareal desta baía é igualmente importante para alimentação de aves limícolas residentes e migratórias, e que a manutenção da diversidade dos habitats intermareais é crucial para satisfazer os requerimentos específicos de cada espécie. Ressalta-se ainda que devido aos iminentes impactos a Baía de Todos os Santos, maior importância deve ser dada à região, favorecendo a conservação das áreas de forrageamento das aves e compatibilizando seu uso com as comunidades tradicionais.

Agradecimentos

Agradecemos ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento (CNPq), processo n°: 141831/2007–3, e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), processo n°: 4672–08–9, pela bolsa de doutorado concedida à V.O. Lunardi, e ao Programa de Pós-graduação em Ecologia/Universidade de Brasília e à Faculdade de Ciências/Universidade de Lisboa pelo apoio logístico. Agradecimentos especiais à Marini, M.A., Rodrigues, M., Machado, R.B., Cariello, M.O., Hay, J.D.V. e Lunardi, D.G. pelas construtivas discussões e revisão do manuscrito.

5. Referências

- Amaral, A.C.Z., Rizzo, A.E., Arruda, E.P., 2006. Manual de identificação dos invertebrados marinhos da região sudeste-sul do Brasil. Vol. 1. Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil, 288 pp.
- Antas, P.T.Z., 1983. Migration of nearctic shorebirds (Charadriidae and Scolopacidae) in Brasil – flyways and their different seasonal use. Wader Study Group Bulletin 39, 52–56.
- Azevedo Júnior, S.M., Dias Filho, M.M., Larrazábal, M.E., Telino-Júnior, W.R., Lyra-Neves, R.M., Fernandes, C.J.G., 2001. Recapturas e recuperações de aves migratórias no litoral de Pernambuco, Brasil. Ararajuba 9, 33–42.
- Baker, A.J., González, P.M., Piersma, T., Niles, L.J., Nascimento, I.L.S., Atkinson, P.W., Clark, N.A., Minton, C.D.T., Peck, M.K., Aarts G., 2004. Rapid population decline in red knots: fitness consequences of decreased refueling rates and late arrival in Delaware Bay. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences 271, 875–882.
- Barbieri, E., 2007. Seasonal abundance of shorebirds at Aracaju, Sergipe, Brazil. Wader Study Group Bulletin 113, 40–46.
- Barbieri, E., Pinna, F.V., 2005. Distribuição da batuíra-de-coleira (*Charadrius collaris*) durante o período de 1999 a 2001 na praia da Ilha Comprida. Revista Brasileira de Ornitologia 13, 25–31.
- Barbieri, E., Hvenegaard, G.T., 2008. Seasonal occurrence and abundance of shorebirds at Atalaia Nova Beach in Sergipe State, Brazil. Waterbirds 31, 636–644.
- Barros, F., Hajte, V., Figueiredo, M.B., Magalhães, W.F., Dórea, H.S., Emídio, E.S. 2008. The structure of benthic macrofaunal assemblages and sediments characteristics of the Paraguaçu estuarine system, NE, Brazil. Estuarine, Coastal and

- Shelf Science 78, 753–762.
- Begon, M., Townsend, C.R., Harper, J.L., 2006. Ecology: from individuals to ecosystems. Fourth Edition. Blackwell Publishing, Malden, USA, 738 pp.
- Bildstein, K.L., Bancroft, G.T., Dugan, P.J., Gordon, D.H., Erwin, R.M., Nol, E., Payne, L.X., Senner S.E., 1991. Approaches to the conservation of coastal wetlands in the Western Hemisphere. *The Wilson Bulletin* 103, 218–254.
- Bolster, D.C., Robinson, S.K., 1990. Habitat use and relative abundance of migrant shorebirds in a western Amazonian site. *The Condor* 92, 239–242.
- Butler, R.W., Davidson, N.C., Morrison, R.I.G., 2001. Global-scale shorebird distribution in relation to productivity of near-shore ocean waters. *Waterbirds* 24, 224–232.
- Cabral, S.A.S., Azevedo Júnior, S.M., Larrazábal, M.E., 2006. Seasonal abundance of migratory birds in the Piaçabuçu Protection Area, Alagoas, Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia* 23, 865–869.
- Celino, J.J., Veiga, I.G., Trigüis, J.A., Queiroz, A.F.S., 2008. Fonte e distribuição de hidrocarbonetos do petróleo em sedimentos da Baía de Todos os Santos, Bahia. *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology* 12, 31–38.
- Cirano, M., Lessa, G.C., 2007. Oceanographic characteristics of Baía de Todos os Santos, Brazil. *Revista Brasileira de Geofísica* 25, 363–387.
- Colwell, M.A., Landrum, S.L., 1993. Nonrandom shorebird distribution and fine-scale variation in prey abundance. *The Condor* 95, 94–103.
- de Luca, A., Develey, P., Olmos, F., 2006. Waterbirds in Brazil: Final report. Save Brazil, São Paulo, SP, 61p. Acessado em: 26 de outubro de 2009, <http://www.birdlife.org/action/science/species/waterbirds/waterbirds_pdf/waterbirds_report_brazil_2006.pdf>.

- Dias, M.P., Peste, F.A., Granadeiro, J.P., Palmeirim, J.M., 2008. Does traditional shellfishing affect foraging by waders? The case of the Tagus estuary (Portugal). *Acta Oecologica* 33, 188–196.
- ESRI, 1999. ArcView GIS 3.2 Computer Software. Environmental Systems Resources Institute Inc.
- Gauch, H.G., 1982. Multivariate analysis in community ecology. Cambridge Studies in Ecology. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 289 pp.
- Goss-Custard, J.D., Yates, M.G., 1992. Towards predicting the effect of salt-marsh reclamation on feeding bird numbers on the Wash. *Journal of Applied Ecology* 29, 330–340.
- Granadeiro, J.P., Andrade, J., Palmeirim, J.M., 2004. Modelling the distribution of shorebirds in estuarine areas using generalized additive models. *Journal of Sea Research* 52, 227–240.
- Granadeiro, J.P., Santos, C.D., Dias, M.P., Palmeirim, J.M., 2007. Environmental factors drive habitat partitioning in birds feeding in intertidal flats: implications for conservation. *Hydrobiologia* 587, 291–302.
- Grantsau, R., Lima, P.C., 2008. Uma nova subespécie de *Charadrius wilsonia* (Aves, Charadriidae) para o Brasil. *Atualidades Ornitológicas* 142, 4–5.
- Greenwood, J.J.D., Robinson, R.A., 2006. Principles of Sampling. In: W.J. Sutherland (Ed), *Ecological Census Techniques: A Handbook*. Second Edition. Cambridge University Press, New York, USA, pp. 11–86.
- Hatje, V., Barros, F., Figueiredo, D.G., Santos, V.L.C.S., Peso-Aguiar, M.C., 2006. Trace metal contamination and benthic assemblages in Subaé estuarine system, Brazil. *Marine Pollution Bulletin* 52, 969–987.

- Hicklin, P.W., Smith, P.C., 1984. Selection of foraging sites and invertebrate prey by migrant Semipalmated Sandpipers, *Calidris pusilla* (Pallas), in Minas Basin, Bay of Fundy. *Canadian Journal of Zoology* 62, 2201–2210.
- International Wader Study Group, 2003. Waders are declining worldwide. Conclusions from the 2003 International Wader Study Group Conference, Cádiz, Spain.
- Kalejta, B., Hockey, P.A.R, 1994. Distribution of shorebird at the Berg river estuary, South Africa, in relation to foraging mode, food supply and environmental features. *Ibis* 136, 233–239.
- Kober, K., 2004. Foraging ecology and habitat use of wading birds and shorebirds in the mangrove ecosystem of Caeté Bay, Northeast Pará, Brazil. PhD Thesis. University of Bremen, Alemanha, 177 pp.
- Kober, K., Bairlein, F., 2009. Habitat choice and niche characteristics under poor food conditions. A study on migratory nearctic shorebirds in the intertidal flats of Brazil. *Ardea* 971, 31–42.
- Larrazábal, M.E., Azevedo Júnior, S.M., Pena, O., 2002. Monitoramento de aves limícolas na Salina Diamante Branco, Galinhos, Rio Grande do Norte, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 19, 1081–1089.
- Lourenço, P.M., Granadeiro, J.P., Palmeirim, J.M., 2005. Importance of drainage channels for waders foraging on tidal flats: relevance for the management of estuarine wetlands. *Journal Applied Ecology* 42, 477–486.
- Lyra-Neves, R.M.I., Azevedo Júnior, S.M., Telino-Júnior, W.R., 2004. Monitoramento do maçarico branco, *Calidris alba* (Pallas) (Aves, Scolopacidae), através de recuperações de anilhas coloridas, na Coroa do Avião, Igarassú, Pernambuco, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 21, 319–324.
- Melo, G.A.S., 1996. Manual de identificação de Brachyura (caranguejos e siris) do

- litoral brasileiro. Editora Plêiade - FAPESP, São Paulo, SP, Brasil, 604 pp.
- Morrison, R.I.G., 1984. Migration systems of some New World shorebirds. In: Burger J., Olla, B.L. (Eds), Behavior of Marine Animals, Vol. 6, Shorebirds: Migration and Foraging Behavior. Plenum Press, New York, USA, pp. 125–202.
- Morrison, R.I.G., Myers, J.P., 1987. Wader migration systems in the New World. Wader Study Group Bulletin 49, 57–69.
- Morrison, R.I.G., Ross, R.K., 1989. Atlas of Nearctic Shorebirds on the Coast of South America, Vol. II. Canadian Wildlife Service Special Publication, Ottawa, Canadá, 123 pp.
- Morrison, R.I.G., Aubry, Y., Butler, R.W., Beyersbergen, G.W., Donaldson, G.M., Gratto-Trevor, C.L., Hicklin, P.W., Johnston, V.H., Ross, R.K., 2001. Declines in North American shorebird populations. Wader Study Group Bulletin 94, 34–38.
- Morrison, R.I.G., Davidson, N.C., Wilson, J.R., 2007. Survival of the fattest: body stores on migration and survival in red knots *Calidris canutus islandica*. Journal of Avian Biology 38, 479–487.
- Myers, J.P., Williams, S.L., Pitelka, F.A., 1980. An experimental analysis of prey availability for Sanderlings (Aves: Scolopacidae) feeding on sandy beach crustaceans. Canadian Journal of Zoology 58, 1564–1574.
- Myers, J.P., Morrison, R.I.G., Antas, P.T., Harrinton, B.A., Lovejoy, T.E., Sallabery, M., Senner, S.E., Tarak, A., 1987. Conservation strategy for migratory species. American Scientist 75, 19–26.
- Navedo J.G., Masero, J.A., 2007. Measure potential negative effects of traditional harvesting practices on waterbirds: a case study with migrate curlews. Animal Conservation 10, 88–94.
- Oksanen, J., Kindt, R., Legendre, P., O'Hara, B., Simpson, G.L., Solymos, P., Stevens,

- M.H.H., Wagner, H., 2009. Vegan: Community Ecology Package version 15–4. Acessado em: 01 de Setembro de 2009, <<http://cran.r-project.org>>.
- Palmer, M.W., 1993. Putting things in even better order: the advantages of canonical correspondence analysis. *Ecology* 74, 2215–2230.
- Quammen, M.L., 1982. Influence of subtle substratum differences on feeding by shorebirds on intertidal mudflats. *Marine Biology* 71, 339–342.
- Remsen, J.V., Jr., Cadena, C.D., Jaramillo, A., Nores, M., Pacheco, J.F., Robbins, M.B., Schulenberg, T.S., Stiles, F.G., Stotz, D.F., Zimmer, K.J., 2009. A classification of the bird species of South America. American Ornithologists' Union, Version: 22 October 2009 (<<http://www.museum.lsu.edu/~Remsen/SACCBaseline.html>>).
- Rodrigues, A.A.F., 2000. Seasonal abundance of Neartic shorebirds in the Gulf of Maranhão, Brazil. *Journal of Field Ornithology* 71, 665–675.
- Rodrigues, A.A.F., Lopes, A.T.L., 1997. Abundância sazonal e reprodução de *Charadrius collaris* no Maranhão, Brasil. *Ararajuba* 5, 65–69.
- Serrano, I.L., 2008. Challenges and advances at the Brazilian WHSRN sites. *Ornitología Neotropical* 19, 329–337.
- Sousa, G. S. 1851. Tratado descritivo do Brasil em 1587. 2nd edition. (Ed. F. A. de Varnhagen), Acessado em: 31 de outubro de 2009, <<http://www.dominiopublico.gov.br/download/texto/me003015.pdf>>.
- Tellino-Júnior, W.R., 1999. Levantamento e identificação dos invertebrados que participam da dieta alimentar de Charadriidae e Scolopacidae na Coroa do Avião, Itamaracá, Pernambuco, Brasil. Master Thesis, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil, 89pp.
- Tellino-Júnior, W.R., Azevedo Júnior S.M., Lyra-Neves, R.M., 2003. Censo de aves migratórias (Charadriidae, Scolopacidae e Laridae) na Coroa do avião, Igarassu,

- Pernambuco, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 20, 451–456.
- ter Braak, C.J.F., 1986. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology* 675, 1167–1179.
- ter Braak, C.J.F., Verdonschot, P.F.M., 1995. Canonical correspondence analysis and related multivariate methods in aquatic ecology. *Aquatic Sciences* 57, 255–289.
- Vooren, C.M., Chiaradia, A., 1990. Seasonal abundance and behaviour of coastal birds on Cassino Beach, Brazil. *Ornitología Neotropical* 1, 9–24.
- Wentworth, C.K., 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Journal of Geology* 30, 377–392.
- Willis, E.O., 1994. Are *Actitis* sandpipers inverted flying fishes? *The Auk* 111, 190–194.
- Yasué, M., 2006. Environmental factors and spatial scale influence shorebirds' responses to human disturbance. *Biological Conservation* 128, 47–54.
- Yates, M.G., Goss-Custard J.D., McGrorty, S., Lakhani, K.H., Le V. Dit Durell, S.E.A., Clarke, R.T., Rispin, W.E., Moy, I., Yates, T., Plant, R.A, Frost, A.J. 1993. Sediment characteristics, invertebrate densities and shorebird densities on the inner banks of the Wash. *Journal of Applied Ecology* 30, 599–614.

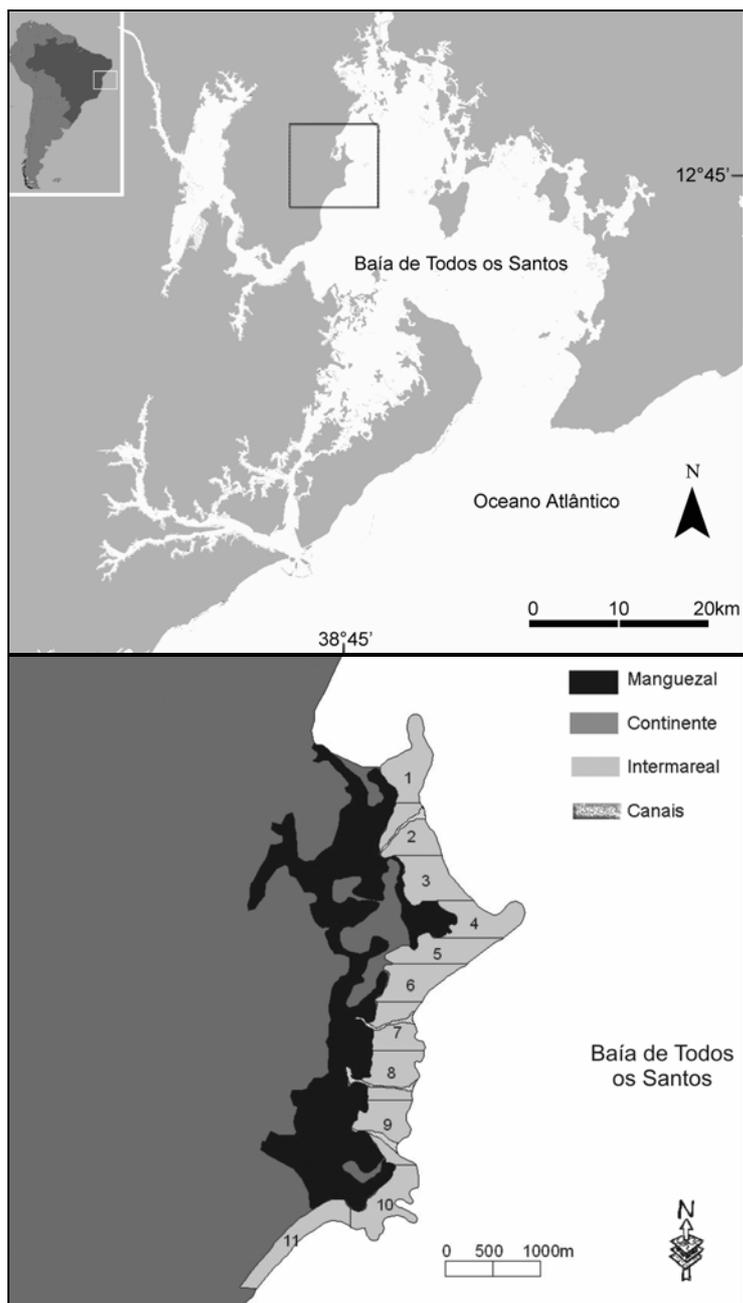


Figura 1. Acima: Baía de Todos os Santos, Brasil, América do Sul e a localização da área de estudo (quadrado em preto). Abaixo: ampliação da área de estudo, evidenciando as 11 parcelas demarcadas na área intermareal estudada.

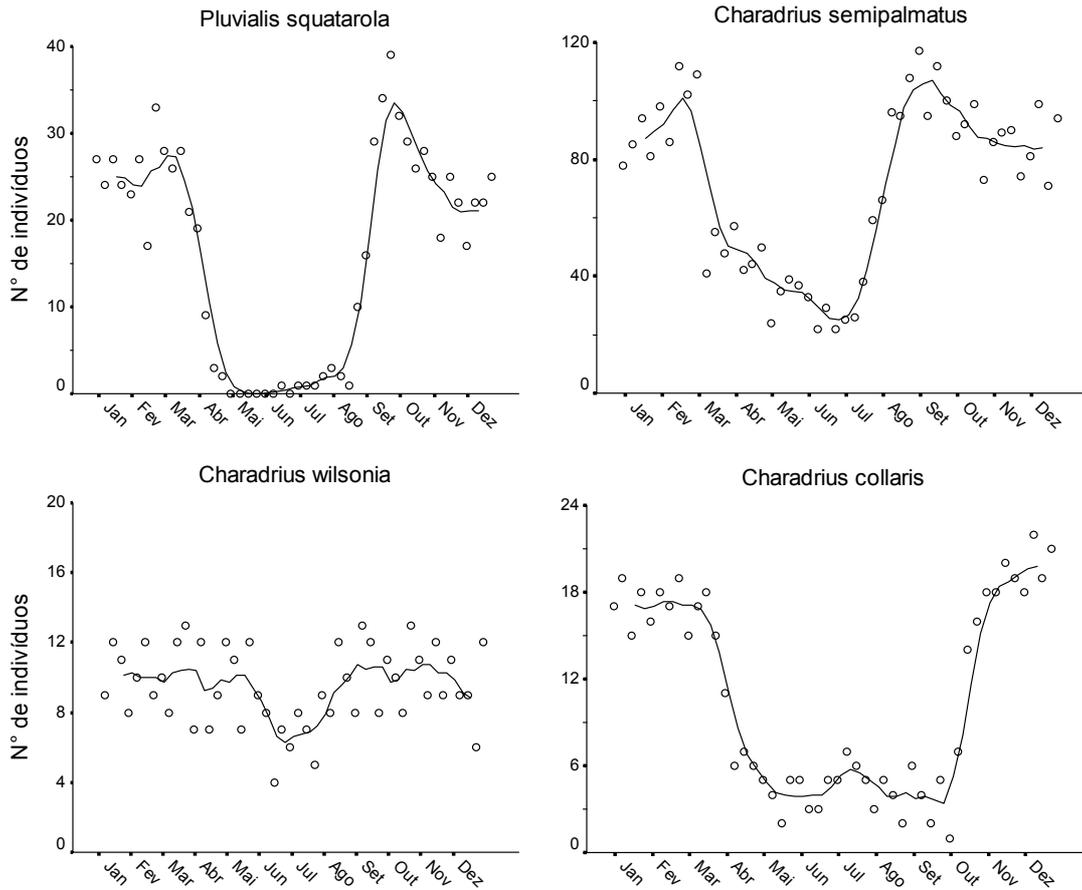


Figura 2. Variação sazonal do número de indivíduos Charadriidae durante forrageio em área intermareal na costa oeste da Baía de Todos os Santos, Brasil. Os círculos correspondem aos dados de censos semanais ao longo de 2007. As linhas representam médias móveis centradas.

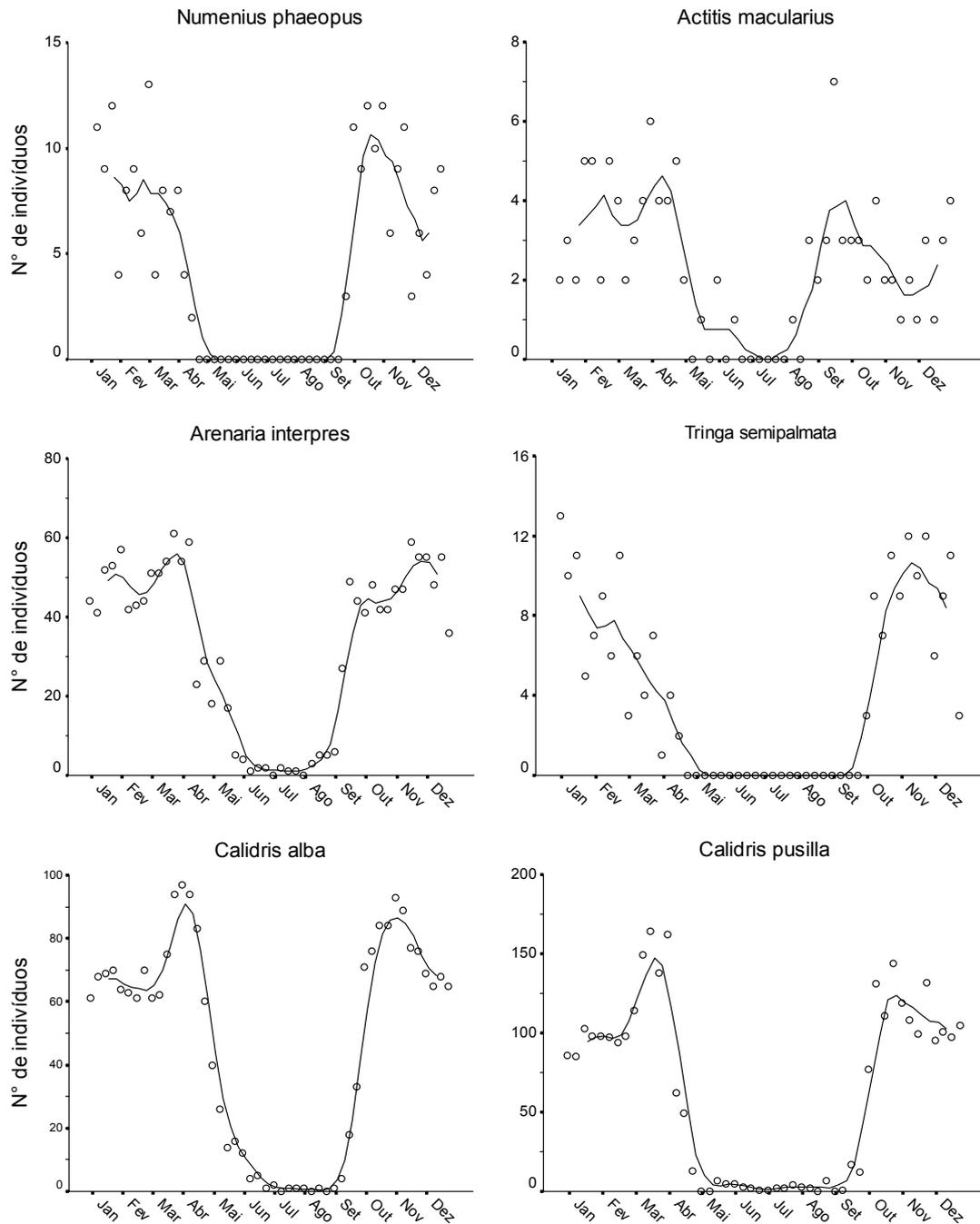


Figura 3. Variação sazonal do número de indivíduos Scolopacidae limícolas durante forrageio em área intermareal na costa oeste da Baía de Todos os Santos, Brasil. Os círculos correspondem aos dados de censos e as linhas representam médias móveis centradas.

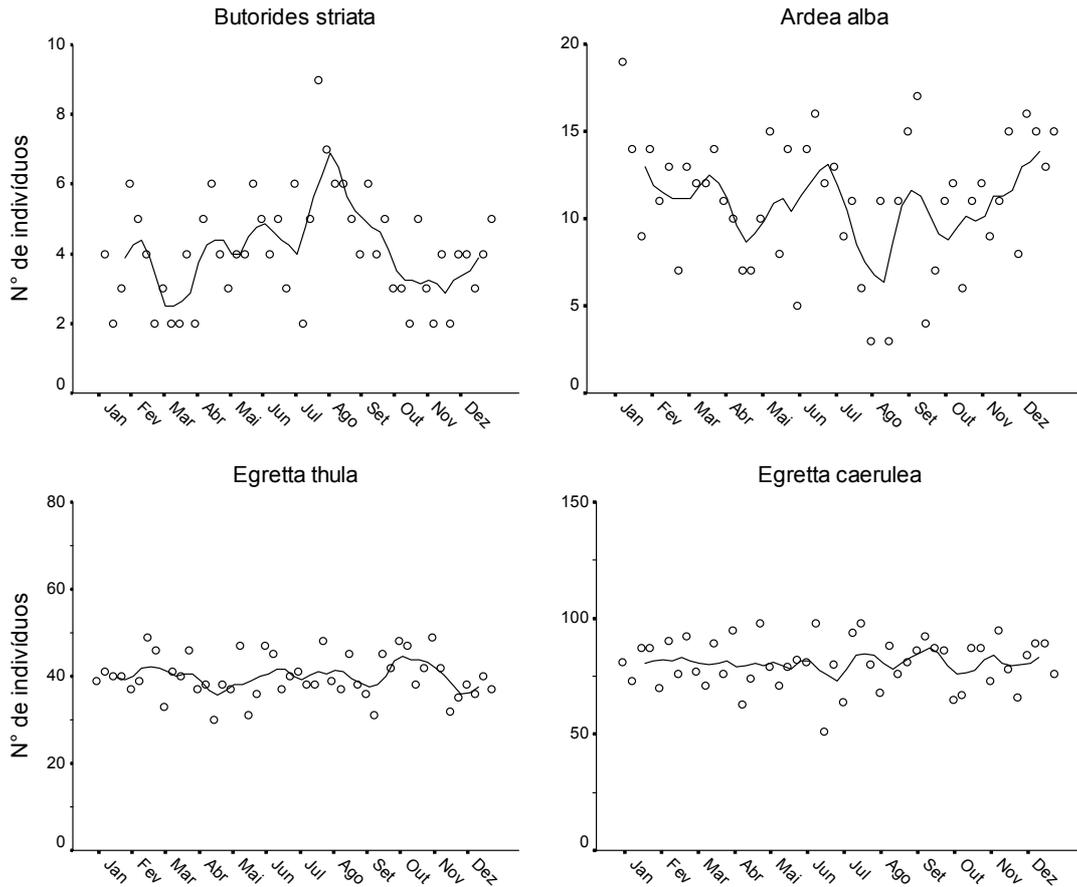


Figura 4. Variação sazonal do número de indivíduos Ardeidae (Ciconiiformes) durante forrageio em área intermareal na costa oeste da Baía de Todos os Santos, Brasil. Os círculos correspondem aos dados de censos e as linhas representam médias móveis centradas.

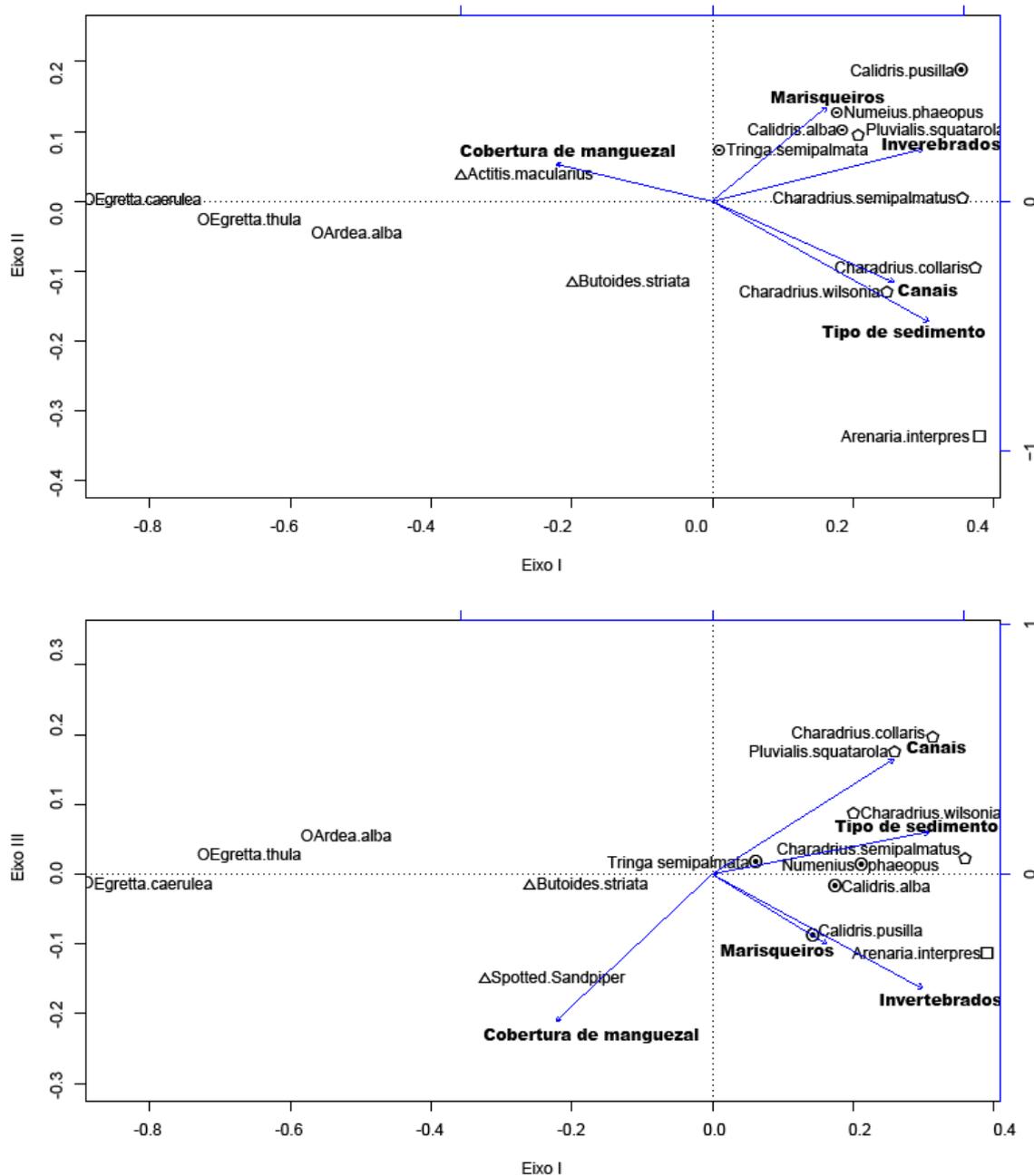


Figura 5. Diagramas de ordenação da Análise de Correspondência Canônica (eixos I e II, eixos I e III) relacionando a densidade de aves em forrageamento a variáveis ambientais na Baía de Todos os Santos. Figuras geométricas representam agrupamentos de espécies, definidos de acordo com suas distâncias relativas na CCA. Setas são variáveis ambientais: cobertura de manguezal, densidade de invertebrados, distância dos canais, densidade de coletores de mariscos (marisqueiros) e tipo de sedimento (Detalhes no texto).

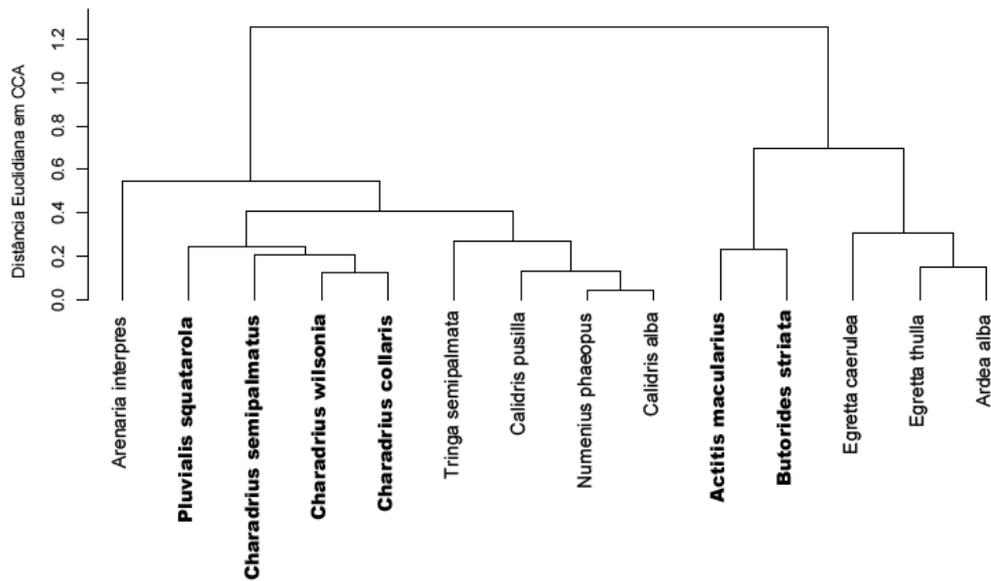


Figura 6. Dendrograma baseado em distâncias euclidianas em UPGMA, representando as similaridades entre as espécies no espaço definido pelos três eixos da Análise de Correspondência Canônica. Cinco grupos de espécies foram extraídos: grupo 1: *Arenaria interpres*; grupo 2: *Pluvialis squatarola*, *Charadrius semipalmatus*, *Charadrius wilsonia* e *Charadrius collaris*; grupo 3 *Tringa semipalmata*, *Calidris pusilla*, *Numenius phaeopus* e *Calidris alba*; grupo 4: *Actitis macularius*, *Butorides striata*; grupo 5: *Egretta caerulea*, *Egretta thula* e *Ardea alba*.

Tabela 1. Densidade de Charadriiformes e Ciconiiformes durante forrageio em área intermareal, na Baía de Todos os Santos, Brasil. Os valores apresentados são médias (aves/10 ha \pm desvio-padrão) obtidas de censos semanais ao longo de 2007.

Ordem	Família	Espécies	Verão* (N = 24)	Inverno** (N = 24)
Charadriiformes	Charadriidae	<i>Pluvialis squatarola</i>	0,89 \pm 0,14	0,18 \pm 0,29
		<i>Charadrius semipalmatus</i>	2,99 \pm 0,62	2,01 \pm 1,19
		<i>Charadrius wilsonia</i>	0,36 \pm 0,06	0,31 \pm 0,06
		<i>Charadrius collaris</i>	0,62 \pm 0,10	0,17 \pm 0,07
	Scolopacidae	<i>Numenius phaeopus</i>	0,29 \pm 0,05	0,08 \pm 0,10
		<i>Actitis macularius</i>	0,10 \pm 0,05	0,05 \pm 0,06
		<i>Tringa semipalmata</i>	0,30 \pm 0,01	0,03 \pm 0,07
		<i>Arenaria interpres</i>	1,76 \pm 0,21	0,48 \pm 0,61
		<i>Calidris alba</i>	2,57 \pm 0,35	0,61 \pm 0,94
		<i>Calidris pusilla</i>	3,90 \pm 0,75	0,29 \pm 0,54
Ciconiiformes	Ardeidae	<i>Butorides striata</i>	0,12 \pm 0,04	0,17 \pm 0,06
		<i>Ardea alba</i>	0,04 \pm 0,10	0,35 \pm 0,14
		<i>Egretta thula</i>	1,43 \pm 0,17	1,40 \pm 0,19
		<i>Egretta caerulea</i>	2,90 \pm 0,31	2,91 \pm 0,43

*Entre 2ª quinzena de outubro e 1ª quinzena de abril. **Entre 2ª quinzena de abril e 1ª

quinzena de outubro. Nomenclatura taxonômica de acordo com Remsen et al. (2009).

Tabela 2. Resumo dos resultados estatísticos da Análise de Correspondência Canônica
(soma de todos os autovalores dos eixos: eigenvalues = 0,2336)

Análise de Correspondência Canônica	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3
Autovalores dos eixos (<i>Eigenvalues</i>)	0,1673	0,0188	0,0077
% da variância acumulada	85,99	95,68	99,62
Correlações espécies/variáveis ambientais	0,925	0,692	0,814
Intersecto de correlações das variáveis ambientais com os eixos de ordenação			
Densidade de presas (macroinvertebrados)	0,83	0,21	-0,46
Densidade de marisqueiros	0,45	0,38	-0,28
Cobertura de manguezal	-0,61	0,15	-0,59
Distância dos canais de rios	0,72	-0,32	0,46
Tipo de sedimento	0,86	-0,48	0,17

Tabela 3. Valor médio ponderado das variáveis ambientais por agrupamento de espécies em área intermareal na Baía de Todos os Santos, Brasil.

Variáveis Ambientais	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Total
	<i>Arenaria interpres</i>	<i>Pluvialis squatarola</i> , <i>Charadrius semipalmatus</i> , <i>Charadrius wilsonia</i> , <i>Charadrius collaris</i>	<i>Tringa semipalmata</i> , <i>Calidris pusilla</i> , <i>Numenius phaeopus</i> , <i>Calidris alba</i>	<i>Actitis macularius</i> , <i>Butorides striata</i>	<i>Egretta caerulea</i> , <i>Egretta thula</i> , <i>Ardea alba</i>	
Macroinvertebrados (ind/m ²)/100	14,4	14,2	14,3	13,3	11,9	13,3
Tipo de sedimento (escala 1–5)	3,5	3,2	2,9	2,6	1,9	2,9
Cobertura de manguezal (ha)	31,5	31,8	34,2	37,9	43,8	33,4
Coletores de mariscos (ind/ha)	3,5	3,8	4,3	2,8	1	2,6
Distância de canais (km)	2,5	2,2	1,5	1,5	0,8	1,9

Capítulo II

Superestimando o perigo? Testando o efeito não-letal de uma ave de rapina em batuíras, *Charadrius*, na Baía de Todos os Santos, Bahia, Brasil

Superestimando o perigo? Testando o efeito não-letal de uma ave de rapina em batuínas, *Charadrius*, na Baía de Todos os Santos, Bahia, Brasil

Resumo

Aves de rapina estão entre os principais predadores de Charadriiformes limícolas e o risco de predação pode variar profundamente ao longo dos seus ciclos anuais. Aqui nós investigamos uma área de invernagem de Charadriiformes limícolas onde a presença de aves de rapina é freqüente, entretanto o efeito letal destas sobre as limícolas é muito baixo ou insignificante. Nosso objetivo foi determinar se a presença de aves de rapina diurnas poderia evocar modificações comportamentais em Charadriiformes limícolas, levando à redução do sucesso de forrageamento ou à fuga da área de forrageamento. Para tanto, utilizamos um estímulo padronizado em modelo móvel de uma ave de rapina (réplica do caracará, *Caracara plancus*) e analisamos o orçamento de atividades, as taxas de alimentação e a composição de bando em três espécies do gênero *Charadrius*, antes e após a exposição do modelo de falso caracará. Observações eventuais em campo, na presença de um verdadeiro caracará, comprovaram que batuínas respondem ao modelo (falso caracará) da mesma maneira que ao verdadeiro caracará. Nossos resultados indicam que a presença do caracará modifica o comportamento de forrageio das três espécies investigadas, resultando, principalmente, em redução das taxas de alimentação. No entanto, a exposição ao modelo de caracará não promove mudanças no tamanho de bandos de aves limícolas durante forrageio, tampouco promove a fuga ou evitação da área de alimentação. Provavelmente, estas respostas comportamentais refletem a condição de baixas taxas de mortalidade causadas por aves de rapina nesta área de invernagem.

Palavras-chave: área de invernagem; aves limícolas; Charadriiformes; efeitos indiretos; risco de predação.

1. Introdução

A predação é provavelmente uma das maiores forças seletivas no processo de evolução, atuando sobre diversos aspectos morfológicos e comportamentais dos animais (Lima & Dill 1990; Lima 1998). Os predadores podem reduzir a aptidão individual (i.e. *fitness*) de suas presas, tanto pelo efeito letal, com o consumo direto da presa, como pelo efeito não-letal, por meio do estímulo de respostas comportamentais nas presas, frente ao risco de predação (e.g. redução de suas taxas de alimentação e reprodução). Muitas vezes, o efeito não-letal do predador pode ser tão intenso quanto o próprio efeito letal, na determinação do comportamento, da condição fisiológica e da densidade e distribuição das presas (revisão em Cresswell 2008).

Durante a vida de muitos Charadriiformes limícolas o risco de ser predado pode variar profundamente. No período reprodutivo ovos, filhotes, juvenis e adultos são consumidos, principalmente, por mamíferos e aves de rapina (Piersma 1996a, b; Butler 2003). Em áreas de parada temporária durante migração (*stopovers*) e de invernagem, jovens e adultos são mortos principalmente por aves de rapina (e.g. Page & Whitacre 1975; Cresswell & Whitfield 1994). Como muitas dessas aves não podem permanecer em *stopovers* durante tempo suficiente para avaliar os seus predadores e sua frequência de ataque, supõe-se que elas avaliem o risco de predação baseando-se em pistas generalistas (Yasué 2006). Por exemplo, evitam o forrageamento próximo à costa, onde geralmente ocorrem ataques de aves de rapina, mesmo quando aves de rapina predadoras foram pouco frequentes na área (Dekker & Ydenberg 2004; Pomeroy 2006; Yasué 2006). Também é provável que elas utilizem pistas específicas de reconhecimento dos seus predadores. Por exemplo, em uma área de invernagem no sudeste da Escócia verificou-se que Charadriiformes limícolas têm habilidade de reconhecer e diferenciar entre duas espécies de aves de rapina predadoras, exibindo

diferentes estratégias antipredatórias para cada uma delas (Cresswell 1993; Whitfield 2003).

A região tropical abriga mais de 75% de todas as espécies de aves de rapina diurnas do planeta. Uma substancial parte desta percentagem (30%) é endêmica, mas a maioria é migratória (Bildstein et al. 1998), permanecendo na região tropical aos milhares, durante o outono e inverno boreal (e.g. Bildstein & Saborio 2000). Como este período coincide com o período de invernagem de muitas Charadriiformes limícolas nos trópicos, estas regiões têm potencial para apresentar alta diversidade e abundância de espécies de aves de rapina. A sobreposição de aves de rapina com o grande número de aves limícolas gera um padrão de ameaça que pode influenciar muitos aspectos da ecologia destas limícolas, por exemplo: estabelecimento de rotas migratórias, quantidade de energia a ser armazenada, tempo gasto em áreas de *stopover* e de invernagem e regulação e local para a muda de penas (Butler et al. 2003). Desta maneira, avaliar os níveis atuais de ameaça por aves de rapina e determinar as estratégias antipredatórias, face às ameaças, são fundamentais para compreensão do padrão atual de uso de habitats, de movimentos migratórios e dos ciclos anuais de aves limícolas (Butler et al. 2003; Whitfield 2003).

Em um intervalo de um ano, muitos Charadriiformes limícolas chegam a residir por até seis meses em áreas de invernagem, investindo uma parte substancial do seu tempo em forrageio. A aquisição de alimento nesta fase é fundamental para o sucesso adaptativo de Charadriiformes limícolas, pois os recursos adquiridos são utilizados para sobrevivência, acúmulo de reservas e muda de penas, necessários ao próximo período migratório e reprodutivo (Evans 1976; Piersma 1996b). Entretanto, quando o risco de predação é maior, as taxas de alimentação podem não ser adequadas e assim não garantir o sucesso adaptativo individual. Os forrageadores precisam realizar difíceis

escolhas para que possam investir adequadamente em alimentação e em evitação de predação, podendo resultar em maiores chances de sobrevivência e reprodução (Bednekoff 2007). Neste sentido, o risco de predação pode ser considerado um custo para o forrageamento (Cresswell 2008).

Como o comportamento de forrageio em Aves é relativamente fácil de se mensurar (Cresswell 2008), uma forma efetiva de compreensão dos efeitos não-letais dos seus predadores é determinado pelo balanço entre investimento em forrageio *versus* comportamento antipredatório (Lind & Cresswell 2005; Cresswell 2008). Outro procedimento eficaz para medição da intensidade dos efeitos não-letais de predadores sobre as presas é a investigação de situações onde o risco de predação (efeito letal) foi removido. Em experimentos onde a presença do predador foi mantida, excluindo-se, no entanto, a capacidade de captura e o consumo de presas, estas se comportaram como se estivessem sob risco de predação (revisão em Cresswell 2008). Já em áreas onde ambos, efeito letal e não-letal, são reduzidos (e.g. aves em ilhas), comportamentos antipredatórios são mantidos em baixos níveis (Willis 1972; Beauchamp 2004).

O comportamento de forrageio de três espécies de Charadriiformes limícolas foi investigado em uma área de invernagem na qual a presença de aves de rapina diurnas é freqüente, mas o efeito letal destas sobre as limícolas é *a priori* muito baixo ou insignificante. Experimentos em campo, com um estímulo padronizado, foram realizados utilizando uma réplica móvel do caracará (*Caracara plancus*), e observações eventuais na presença de um verdadeiro caracará. Esta espécie de ave de rapina é a mais freqüente na área de estudo, no entanto não foi observada perseguindo ou predando aves limícolas durante os experimentos e observações. O objetivo deste trabalho foi testar se a presença de aves de rapina poderia evocar modificações no comportamento de forrageio de Charadriiformes limícolas nesta área, levando à redução das taxas de

alimentação e/ou deslocamento na área de forrageio. Para tanto, investigou-se o comportamento de forrageamento de três espécies congêneres de batuíras (*Charadrius collaris*, *C. semipalmatus* e *C. wilsonia*), considerando-se vários aspectos: (i) efeito da exposição de um modelo de falso caracará no orçamento de atividade de batuíras em forrageamento; (ii) efeito da exposição de um modelo de falso caracará nas taxas de alimentação e na composição do bando; e (iii) comparação entre os efeitos de um caracará verdadeiro e de um modelo de falso caracará quanto ao orçamento de atividade, taxa de alimentação e tamanho de bando.

Nós predizemos que, mesmo que não sofram ataques de aves de rapina durante a invernada, a exposição do modelo de falso caracará evocará respostas comportamentais de evitação de predação em batuíras. Estas modificações comportamentais potencialmente ocorreriam em resposta à ameaça que muitas espécies de aves de rapina representam para os Charadriiformes limícolas ao longo do seu ciclo anual (ver Butler et al. 2003; Whitfield 2003). Assim, é esperado que as batuíras apresentem: redução de taxas de alimentação, modificação de estratégias de forrageio, aumento no número de indivíduos no bando (e.g. Caraco et al. 1980; Cresswell 1994) e/ou fuga/evitação da área (e.g. Myers 1980a, b). Alternativamente, se as batuíras não exibirem tais respostas comportamentais na presença do verdadeiro caracará e do modelo de falso caracará, então esta última não é reconhecida como uma ameaça pelas batuíras (ver Isacch & Martínez 2003). O caracará possui hábitos generalistas e oportunistas, consumindo principalmente presas pouco móveis ou mortas, e representa potencial ameaça às aves, sobretudo, no período reprodutivo, quando ovos, juvenis e até adultos estão susceptíveis à captura (e.g. Ferguson-Lees & Christie 2001; Branco 2003; Sazima 2007). Assim, como Charadriiformes limícolas são altamente móveis e ágeis durante a invernagem e

não estão no período reprodutivo, não seriam as principais presas procuradas pelo caracará.

Este estudo também fornece uma oportunidade para examinarmos como aves de rapina supostamente inócuas no período não-reprodutivo, como o caracará, podem influenciar a utilização de áreas de invernagem por Charadriiformes limícolas. Se estas aves limícolas interpretarem a presença de um caracará como uma ameaça, então podemos estar subestimando o risco de ameaça percebido por estas aves quando investigamos somente a influência dos efeitos letais de seus predadores (e.g. Page & Whitacre 1975; Cresswell & Whitfield 1994).

2. Métodos

2.1. Área de Estudo

A Baía de Todos os Santos, nordeste do Brasil, está entre as áreas de invernagem e *stopover* de Charadriiformes limícolas na rota migratória do Atlântico Sul (Antas 1983; Morrison & Ross 1989). Esta região é caracterizada por apresentar extensa área intermareal associada à remanescentes de manguezais e estuários (Cirano & Lessa 2007), utilizada por aves limícolas neárticas e outras espécies de aves aquáticas residentes.

Este estudo foi conduzido entre outubro de 2007 e março de 2008, em área intermareal na costa oeste da Baía de Todos os Santos (12°44'–12°48'S, 38°44'–38°46'O). Nesta região são formadas frequentemente agregações de Charadriiformes limícolas, forrageando em bandos mistos, entre o final da primavera e o início do outono austral. Estes bandos são compostos geralmente por: *Pluvialis squatarola*, *Charadrius semipalmatus*, *C. collaris*, *C. wilsonia* (Charadriidae) e *Arenaria interpres*, *Calidris pusilla*, *C. alba* e *Numenius phaeopus* (Scolopacidae).

2.2. Aves de rapina

Aves de rapina diurnas são encontradas freqüentemente forrageando na área intermareal, empoleiradas ou sobrevoando os manguezais. Destas, foram observadas: *Caracara plancus*, *Coragyps atratus*, *Cathartes burrovianus* (mais freqüentes), *Milvago chimachima* e *Cathartes aura* (raros). Estas espécies são conhecidas como generalistas, alimentando-se principalmente de animais mortos ou pouco móveis (Ferguson-Lees & Christie 2001), assim, presumivelmente, não seriam uma ameaça letal às aves limícolas durante o período não-reprodutivo. Em 365 dias de observação, ao longo de quatro anos consecutivos (2006–2009), registramos que as presas consumidas por estas aves de rapina foram animais mortos ou parte de animais, possivelmente provenientes de restos de atividade pesqueira – não foram encontradas aves como item alimentar (dados não publicados). Neste mesmo período foram registrados 469 encontros entre aves de rapina e limícolas na área intermareal, nos quais não foram observadas investidas ou ataques destas às aves limícolas. Estes dados corroboram nossa suspeita de que Charadriiformes limícolas não são atualmente as presas procuradas por estas aves na área de estudo durante invernagem. Foram realizados também 96 censos de aves de rapina, durante 10 min em dias diferentes, entre outubro de 2007 e março de 2008, a partir de um ponto fixo em uma área de aproximadamente 2 km² na área de estudo. A freqüência de ocorrência destas aves foi estimada, através de censo, em $1,5 \pm 1,2$ indivíduos (média \pm desvio-padrão).

2.3. Espécies estudadas

Batuíras (*plovers*) são Charadriiformes de tamanho médio, com bicos relativamente pequenos e espessos, e empregam uma característica estratégia de forrageamento. Elas permanecem paradas, buscando por invertebrados e então correm

para capturá-los quando os detectam (Piersma 1996a). Três espécies de batuíras congêneres foram estudadas: *Charadrius collaris*, *C. semipalmatus* e *C. wilsonia*. Particularmente estas espécies possuem diferenças no tamanho e morfologia do bico, e na dieta. *Charadrius semipalmatus* se alimenta principalmente de anelídeos, *C. wilsonia* de crustáceos e *C. collaris* de uma variedade de presas (Strauch & Abele 1979). Também apresentam diferentes padrões de utilização de zona intermareal da Baía de Todos os Santos. *Charadrius collaris* e *C. semipalmatus* são encontradas entre setembro e abril, mas bandos de jovens desta última espécie são freqüentemente observados nos outros meses do ano. E *C. wilsonia* é residente, reproduzindo-se na área de estudo. Nos meses entre setembro e abril estas três espécies são freqüentemente observadas forrageando em um mesmo bando misto com outros Charadriiformes migratórios neárticos (obs. pess.).

2.4. Amostragens focais

As amostragens focais foram conduzidas durante o dia, no interior do manguezal, a partir de um ponto fixo próximo à borda da vegetação, entre 50 a 100 m distantes das aves em forrageio, de maneira a minimizar a interferência do pesquisador. Para minimizar possíveis influências do ambiente no comportamento das aves, as observações foram realizadas em condições ambientais semelhantes: durante a maré descendente, na ausência de precipitação e com ventos com intensidade variando entre 2 e 3 da escala Beaufort. As amostragens realizadas durante o experimento foram conduzidas na ausência de aves de rapina, na área de visão do pesquisador. Neste estudo designou-se como bando misto todos os Charadriiformes limícolas distanciados uns dos outros até aproximadamente 20 m.

Como a maioria dos Charadriiformes limícolas na área de estudo não apresentaram anilhas (para reconhecimento individual), alguns procedimentos foram utilizados para minimizar a amostragem de um mesmo indivíduo durante o estudo. A área intermareal foi dividida em 24 parcelas (~ 150 m de comprimento), paralelas entre si no sentido norte-sul e perpendiculares à descida da linha da maré. Para cada dia de amostragem sorteou-se uma parcela onde foram realizadas as amostragens em até três indivíduos/espécie. As amostragens foram realizadas 2 min antes e após a exposição do modelo de falso caracará (Figs. 1 e 2). Todos os indivíduos selecionados para as observações se encontravam no interior do bando misto. Animais na periferia do bando não foram registrados para evitar que indivíduos submetidos a diferentes efeitos de posicionamento fossem amostrados (ver Hamilton 1971; Beauchamp 2005).

O comportamento de forrageio dos indivíduos segundo o método animal-focal (Altmann 1974) foi observado durante 2 min, com auxílio de um binóculo (10 x 50), um cronômetro com 100 registros de memórias e um gravador manual (*tape recording*). Cada observação individual foi ditada no gravador como uma seqüência de eventos como: ‘Moveu, Parou, Moveu, Bicou-*G* (= bicou e engoliu presa grande), Moveu, Bicou-*P* (= bicou e engoliu presa pequena), Moveu, Bicou (= sem engolir presa), Moveu, Bicou-*G*, Moveu, Parou’ (ver Pienkowski 1983). Definiu-se como ‘presa grande’ uma presa visivelmente maior ou igual ao comprimento total do bico da ave e, contrariamente, ‘presa pequena’, com comprimento menor que o total do bico. Quando eram ditadas, todas as seqüências de eventos comportamentais de cada amostragem tiveram, simultaneamente, sua duração de tempo medida com o cronômetro. Assim, para cada amostragem, foi obtida uma seqüência de eventos associada à sua respectiva duração de tempo. A partir desta seqüência de eventos, foi computado o orçamento de atividades (*time budgets*) de cada amostragem individual, baseando-se na categorização

do forrageamento de batuínas de Pienkowski (1983). A categorização utilizada neste estudo inclui as categorias de atividades do forrageio das batuínas e são mutuamente exclusivas (Tabela 1). Este tipo de categorização permite a divisão de cada categoria pelo período de tempo total exato de cada amostragem, ou seja, computa o orçamento de atividades de cada amostragem individual (ver Caraco et al. 1980). A análise de orçamento de atividades foi utilizada para avaliar como batuínas modificam o seu comportamento de forrageamento após a exposição do modelo de falso caracará. As amostragens com eventos comportamentais diferentes dos descritos acima (e.g. agachar, coçar, organizar penas, voar e interações agonísticas) não foram utilizadas, pois não estão inclusos na categorização de forrageio de batuínas (ver Pienkowski 1983).

O comportamento de *foot-treebling* (vibrar rapidamente o pé sob a superfície do substrato, enquanto permanece na posição de espera) (Pienkowski 1983), descrito como característico de algumas batuínas, foi raramente observado em nossas amostragens (*C. collaris*: 2,6% das observações; *C. semipalmatus*: 4% e *C. wilsonia*: apenas um registro). Este comportamento foi exclusivamente registrado durante o período de busca por pistas de presas, e por este motivo não constituiu outra categoria de forrageio neste estudo.

Todas as gravações coletadas em campo foram posteriormente transcritas e cada evento teve novamente sua duração de tempo medida com o cronômetro. Assim, a duração dos eventos de cada amostragem foi computada duas vezes, gerando duas medidas para as categorias mutuamente exclusivas no orçamento de atividades. Essas medidas foram então subtraídas (a segunda medida pela primeira) e quando se constatou diferenças iguais ou maiores a 5%, toda a observação individual foi descartada. O número total de amostragens descartadas foi 16 (4,4% do total de observações realizadas) e garantiu uma maior consistência dos dados a serem utilizados nas análises.

Para testar a acurácia do registro da seqüência de eventos, algumas observações foram também filmadas em gravações digitais (24 frames/s), utilizando câmera Canon PowerShot 2SiS. Em 117 eventos registrados pelo gravador e também pela câmera, 12 estiveram em desacordo (10,2%). Estas diferenças envolveram principalmente substituições entre ‘Moveu, Bicou, Moveu, Parou’ e ‘Moveu, Bicou, Parou’, no momento em que as batuíras estavam se alimentando rapidamente, principalmente *C. collaris*. Tais diferenças também foram encontradas por Pienkowski (1983), que enfatiza que este tipo de substituição acontece quando a ave em movimento bica e manipula o alimento. Entretanto a consistência dos registros e da duração das atividades do orçamento não é afetada, pois foram somados o tempo de mover com o de capturar a presa, até o momento de parada dentro de uma mesma atividade ‘manipular presa’ (ver Tabela 1).

Foram realizadas ainda comparações entre taxas de alimentação, antes e após a exposição do modelo de falso caracará, para quantificar o risco de predação em termos de custo para o forrageio, mesmo quando não foram detectadas taxas de mortalidade (Cresswell 2008). O aumento no tamanho do bando também tem sido mencionado como uma estratégia de evitação de predação em aves (Caraco et al. 1980; Cresswell 1994). Assim, foram realizadas comparações entre tamanho de bando, antes e após a exposição do modelo de falso caracará.

Ao longo do período do estudo, foram conduzidas amostragens focais eventuais após a passagem de um caracará verdadeiro sobre o manguezal, nas mesmas condições que as amostragens do experimento. Testamos aqui se os efeitos de um caracará verdadeiro, sobre batuíras em forrageio, são semelhantes aos obtidos no experimento. (Fig. 1A, B).

2.5. Modelo de falso caracará

Um modelo de falso caracará móvel, com ação do vento, foi montado no interior do manguezal, distante 100–150 m das aves durante forrageio (Figs. 1A e 2; modelo desenvolvido originalmente por Winkler (1995)). Este modelo foi confeccionado em lona, utilizando uma imagem frente e verso, em tamanho real do caracará, na posição de vôo (asa: 400 mm, cauda: 250 mm) e tem mobilidade tridimensional em função do vento.

O modelo móvel foi exposto durante 1 min, a uma altura aproximada de 6 m do solo, sobre o manguezal e em cada seção amostrada. Nosso objetivo foi evitar a habituação das aves e simular a presença de um caracará verdadeiro sobrevoando o manguezal próximo à área de forrageio das batuíras. O caracará pode ser freqüentemente visto empoleirado ou sobrevoando os manguezais da Baía de Todos os Santos, ao longo de todo o ano e, muitas vezes, próximo às aves limícolas em forrageio ou descanso (Fig. 1C). O tempo máximo de um registro de caracará em sobrevôo no manguezal foi de aproximadamente 1,5 min.

2.6. Procedimentos estatísticos

Batuíras podem modificar sua atividade de forrageio em relação ao horário da maré alta, à velocidade do vento, à temperatura do ar, à cobertura de nuvens e à condição do bando (Pienkowski 1983). Portanto, tais fatores poderiam significativamente influenciar os resultados obtidos nas análises do forrageamento de batuíras. Assim, foram avaliados dados ambientais e de condição do bando, registrados logo após cada amostragem individual, para verificar se as amostragens foram realizadas sob condições semelhantes. Os dados ambientais mensurados foram: temperatura média do ar na altura do solo (°C), velocidade do vento (m/s), cobertura de

nuvens numa escala subjetiva de 0 a 9, período de tempo transcorrido após a maré alta (min), tamanho do bando misto (ver Pienkowski 1983) e número de indivíduos co-específicos no bando misto. O coeficiente de concordância de Kendall (Siegel & Castellan 1988) foi utilizado para quantificar a concordância entre amostragens focais, em relação a: temperatura, velocidade de vento, horário após a maré alta, cobertura de nuvens, tamanho de bando e número de co-específicos. Este teste foi conduzido para as três espécies, nas condições antes e após a exposição do modelo de caracará. Foi encontrada uma alta concordância entre as amostragens, em ambas as condições analisadas: *C. collaris* (antes da exposição do modelo: coeficiente de concordância de Kendall: $W = 0,83$, $N = 50$, $P < 0,001$; após a exposição do modelo: $W = 0,84$, $N = 50$, $P < 0,001$), *C. semipalmatus* (antes: $W = 0,87$, $N = 50$, $P < 0,001$; após: $W = 0,83$, $N = 50$, $P < 0,001$) e *C. wilsonia* (antes: $W = 0,86$, $N = 50$, $P < 0,001$; após: $W = 0,81$, $N = 50$, $P < 0,001$). Deste modo, assumiu-se que as amostragens focais foram influenciadas de forma semelhante pelas seis variáveis aqui analisadas.

O teste não-paramétrico Mann-Whitney (*U*-test) foi utilizado para verificar se batuíras modificam sua atividade de forrageamento e taxas de alimentação após a exposição do modelo de caracará. Esta mesma análise foi utilizada na comparação dos efeitos do caracará verdadeiro e do falso (modelo), no forrageamento de batuíras. O teste não-paramétrico de Wilcoxon (signed-rank test) foi utilizado para comparar o número de co-específicos e o número total de indivíduos presentes no bando misto antes e após a exposição do modelo. As análises estatísticas foram realizadas no software SPSS 11.5.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, EUA). Devido à hipótese de normalidade e homogeneidade da variância dos dados coletados ter sido rejeitada, a estatística não-paramétrica foi escolhida para as análises (Siegel & Castellan 1988).

3. Resultados

3.1. Efeito da exposição do modelo de falso caracará no orçamento de atividade

As batuíras modificaram significativamente seu orçamento de atividade durante o forrageamento, após a exposição do modelo de falso caracará (Fig. 3). Entretanto, as três espécies analisadas responderam de forma diferente à falsa ameaça.

Após a exposição do modelo, *C. collaris* investiu mais tempo na atividade de espera (Mann-Whitney $U = 184$, $N = 50$, $P < 0,001$) e reduziu as demais atividades de movimento, busca e captura de presas: mover ($U = 301$, $N = 50$, $P < 0,001$), manipulação de presas (grandes: $U = 882$, $N = 50$, $P = 0,005$; pequenas: $U = 420$, $N = 50$, $P < 0,001$) e espera antes da captura de presas (grandes: $U = 968$, $N = 50$, $P = 0,031$; pequenas: $U = 455,5$, $N = 50$, $P < 0,001$).

Charadrius semipalmatus, após a exposição do modelo, movimentou-se mais ($U = 652$, $N = 50$, $P < 0,001$) e aguardou mais tempo por oportunidades para capturar presas maiores ($U = 921$, $N = 50$, $P = 0,023$). Entretanto, reduziu seu investimento em manipulação de presas (grandes: $U = 637$, $N = 50$, $P < 0,001$; pequenas: $U = 667$, $N = 50$, $P < 0,001$) e em espera por presas pequenas ($U = 891$, $N = 50$, $P = 0,013$).

Já *C. wilsonia* investiu mais em comportamento de espera ($U = 654$, $N = 50$, $P < 0,001$) e reduziu seu investimento em manipulação de presas grandes ($U = 414$, $N = 50$, $P < 0,001$) e em espera por presas grandes ($U = 512$, $N = 50$, $P < 0,001$). As demais atividades (mover, manipular e esperar presas pequenas) não foram alteradas após a exposição do modelo.

3.2. Efeito da exposição do falso caracará na alimentação dos indivíduos e composição do bando

Após a exposição do modelo, as taxas de consumo de presas (independente do tamanho da presa) foram significativamente reduzidas nas três espécies: *C. collaris* ($U = 190$, $N = 50$, $P < 0,001$), *C. semipalmatus* ($U = 265.5$, $N = 50$, $P < 0,001$) e *C. wilsonia* ($U = 814$, $N = 50$, $P < 0,01$) (Tabela 2). Contudo o tamanho da agregação não sofreu alteração: *C. collaris* (teste pareado de Wilcoxon: $Z = -0,54$, $N = 50$, $P = 0,59$), *C. semipalmatus* ($Z = -0,92$, $N = 50$, $P = 0,35$) e *C. wilsonia* ($Z = -0,19$, $N = 50$, $P = 0,85$). O número de indivíduos da mesma espécie na agregação também não foi reduzido: *C. collaris* ($Z = -0,77$, $N = 50$, $P = 0,44$), *C. semipalmatus* ($Z = -1,31$, $N = 50$, $P = 0,19$) e *C. wilsonia* ($Z = -0,34$, $N = 50$, $P = 0,97$) (Tabela 2).

3.3. Comparação entre os efeitos de um verdadeiro e de um falso caracará no forrageamento de batuínas

A presença de um caracará verdadeiro parece exercer a mesma influência que o modelo de falso caracará no orçamento de atividades, nas taxas de alimentação e na condição do bando, nas três espécies investigadas (Tabela 3, Fig. 1A, B). O verdadeiro caracará evocou as mesmas respostas comportamentais em batuínas que o falso caracará ($P \geq 0,05$; Tabela 3, condição i), com exceção à atividade de espera por presas pequenas em *C. semipalmatus* ($P < 0,05$; Tabela 3, condição i). Ainda, quando as respostas evocadas na presença do verdadeiro caracará foram comparadas com a condição de ausência de ameaça (antes da exposição do modelo) foram encontrados resultados semelhantes aos obtidos com o modelo do caracará (Tabela 3, condição ii).

4. Discussão

4.1. Efeito da exposição do modelo do falso caracará no orçamento de atividade

As três espécies investigadas modificaram o orçamento de atividade após a exposição ao modelo do falso caracará, em uma área onde a predação por aves de rapina é baixa. Assim, a princípio, conclui-se que a exposição ao modelo foi percebida pelas batuíras como uma ameaça de predação (efeito não-letal), mesmo não havendo perseguição ou caça durante a permanência desses animais nesta área de invernagem. A ameaça que muitas espécies de aves de rapina representam para as Charadriiformes limícolas ao longo do seu ciclo anual (Butler et al. 2003; Whitfield 2003), e a suposição de que aves limícolas se baseiam em pistas generalistas para acessar a ameaça (Pomeroy 2006; Yasué 2006), podem ser as causas proximais desta modificação comportamental. Vale ressaltar que estudos experimentalmente desenhados para manter a presença do predador, excluindo-se, no entanto, a possibilidade de captura e consumo da presa, apontaram que ainda assim, as presas se comportam como se estivessem sob risco de predação (revisão em Cresswell 2008). Neste sentido, os resultados de orçamento de atividade corroboram estes achados, uma vez que batuíras se comportam como se estivessem sob risco de predação na presença do caracará, mesmo que este não realize investidas ou capturas.

O caracará, apesar de aparentemente não ser um predador potencial para batuíras durante o período de invernagem (Isacch & Martínez 2003), pode ser uma ameaça potencial durante o período reprodutivo (Myers 1978; Ferguson-Lees & Christie 2001; Branco 2003). Como *C. collaris* e *C. wilsonia* se reproduzem em áreas de ocorrência do caracará (ver Parker III et al. 1996; Wiersma 1996; Ferguson-Lees & Christie 2001), estas batuíras poderiam também reconhecê-lo como predador, exibindo comportamentos antipredatórios quando se deparam com ele, mesmo fora do período reprodutivo. Já é conhecido que algumas espécies de Charadriiformes limícolas reconhecem diferentes espécies de gaviões (Cresswell 1993; Whitfield 2003), e tem

sido sugerido que algumas aves podem aprender que alguns predadores, durante a estação reprodutiva, permanecem inócuos durante a estação não-reprodutiva (ver Beauchamp 2004). Assim, mesmo o caracará sendo um potencial perigo no período reprodutivo, as baturas poderiam reconhecê-lo no período não-reprodutivo como inofensivo.

Muitos trabalhos que investigaram o comportamento antipredatório de aves durante forrageio basearam-se no tempo gasto em vigilância (*scan*), como medida para mensurar investimento em atividades antipredatórias (e.g. Lima & Dill 1990; Barbosa 1997; Lord et al. 1997). Entretanto, optou-se por não utilizar esta medida porque o tempo investido pelas baturas, em vigilância, pode também estar relacionado à busca por pistas de presas no solo (ver Pienkowski 1983). Neste estudo, as três espécies de baturas investigadas modificaram seu orçamento de atividade após a exposição ao modelo do falso caracará. *Charadrius collaris* e *C. wilsonia* responderam aumentando seu investimento na posição de espera, o que levou à redução do tempo investido em busca e captura de presas. Já *C. semipalmatus* aumentou o investimento em movimento, o que também resultou em menor investimento em busca e captura de presas. Portanto, é preciso que, ao investigarmos os efeitos não-letais em Charadriiformes, consideremos as possíveis estratégias de evitação de predação espécie-específicas, antes de analisar eventos ou estados comportamentais que muitas vezes não representam diretamente uma reação antipredatória.

4.2. Efeito da exposição do falso caracará na alimentação dos indivíduos e na composição do bando

Segundo Cresswell (2008) estudos que pretendam investigar como predadores afetam a população de presas, quando não é possível medir diretamente o *fitness*, devem

avaliar como as taxas de alimentação variam na presença do predador. Neste estudo, foram verificadas reduções nas taxas de alimentação após a exposição ao modelo do caracará. Entretanto, como muitas batuíras também forrageiam durante a noite (e.g. Pienkowski 1983; Piersma 1996a; Lourenço et al. 2008), esses animais podem estar compensando tais custos investindo em forrageio noturno; com exceção de *C. collaris*, que supostamente não se alimenta na ausência de luz (Barbieri & Pinna 2005). Vale ressaltar que durante a noite, na Baía de Todos os Santos, explosivos são ilegalmente usados na pescaria artesanal, o que também poderia prejudicar a alimentação noturna desses animais (obs. pess.).

Charadriiformes limícolas podem também modificar a intensidade da resposta antipredatória, dependendo da densidade, da espécie e do comportamento de seus predadores, e isto pode variar quanto à localidade e ao longo do tempo (Butler et al. 2003; Beauchamp 2004). Por exemplo, a presença de alguns falcões-peregrino (*Falco peregrinus*) foi suficiente para que um grande número de maçaricos *Calidris mauri* evitasse a área de forrageio, mesmo que estes poucos falcões tenham capacidade de consumir apenas uma pequena parcela desta população (Ydenberg et al. 2004). Esperávamos encontrar mudanças significativas no número de indivíduos presentes nos bandos mistos, em resposta a exposição do modelo. Contudo as aves não deixaram a área de forrageio (ver Myers 1980a, b), tampouco aumentaram o número de indivíduos presentes no bando, como resposta ao estímulo do caracará (ver Caraco et al. 1980; Cresswell 1994). Também não foram constatadas mudanças significativas no número de co-específicos. Assim, não foram observadas reações antipredatórias de alta intensidade nas batuíras, como fuga ou evitação da área. Pelo contrário, em 365 dias de observação, caracarás foram observados freqüentemente forrageando na área intermareal, próximos às aves limícolas em forrageio (ocasionalmente também se

observou compartilhamento do mesmo local de descanso). Por isso, acredita-se que a intensidade do efeito não-letal, observada aqui (redução do tempo gasto em forrageio diurno, contudo permanecendo na área de forrageio na presença de aves de rapina), represente uma situação de baixa intensidade de predação, localmente encontrada, durante o período de invernagem. Em situações de baixo risco de predação, as aves tendem a exibir comportamentos antipredatórios com menor intensidade (ver Willis 1972; Beauchamp 2004).

Isacch e Martínez (2003), estudando o uso de hábitat por Charadriiformes limícolas em área de invernagem nos Pampas da Argentina, constataram que a presença do caracará e de *Milvago chimango* não alterou a abundância das limícolas. Os autores também não observaram encontros agonísticos entre estas aves de rapina e as limícolas. Os resultados apresentados aqui corroboram estes achados e, somados, podem sugerir que Charadriiformes limícolas reconhecem o grau de ameaça destas espécies de aves de rapina generalistas.

Como o caracará é generalista e oportunista, e encontra alimentação abundante (e.g. siris, caranguejos e peixes), proveniente, sobretudo, do descarte da pesca artesanal local (obs. pess.), é provável que permaneça como espécie residente e comum nesta área. Além disso, a pesca artesanal na região vem sendo apoiada por ações governamentais (<<http://www.bahiapesca.ba.gov.br/pesca-artesanal>>), o que pode ocasionar em aumento dos descartes utilizados pelo caracará e outras aves de rapina necrófagas comuns na região.

Além do seu hábito de se alimentar de uma grande variedade de presas, incluindo animais mortos, o caracará exibe comportamento cleptoparasita, roubando presas capturadas por outras aves de rapina e outras aves limícolas (revisão em Ferguson-Lees & Christie 2001). Este fato, em teoria, poderia explicar a falta de

evidências de mortalidade de batuíras por gaviões na região estudada. As áreas onde há abundância de cleptoparasitas são locais que não conferem vantagens à permanência de predadores, pois estes correm risco permanente de serem roubados (Cresswell & Whitfield 1994; Whitfield 2003). Assim, as características da região estudada estariam possivelmente contribuindo para que outras aves de rapina predadoras de batuíras evitassem esta área (e.g. *Falco peregrinus*), já que oferece condições propícias à sobrevivência do caracará.

Em conclusão, embora não seja possível medir diretamente o sucesso adaptativo das batuíras, os resultados apresentados aqui suportam a hipótese de que a presença do caracará representa um distúrbio não-letal diurno no forrageio destas aves limícolas que utilizam a costa oeste da Baía de Todos os Santos. Entretanto, a intensidade deste distúrbio parece ser baixa, pois comportamentos de fuga ou evitação da área e modificação no tamanho da agregação não foram observados. Caracarás também foram observados utilizando a mesma área de forrageio e descanso de aves limícolas. Por isso, acredita-se que a intensidade do efeito não-letal em batuíras represente uma situação de baixa intensidade de predação, localmente encontrada durante o período de invernagem.

Agradecimentos

Agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq - Processo n°: 141831/2007-3) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes - Processo n°: 4672-08-9), pela bolsa de doutorado concedida à V. O. Lunardi. Agradecemos ainda ao Programa de Pós-graduação em Ecologia/Universidade de Brasília pelo apoio logístico, à Marini, M.A., Rodrigues, M., Machado, R.B., Cariello, M.O., Hay, J.D.V. e Lunardi, D.G. pelas construtivas

discussões e revisão da primeira versão do manuscrito e à D. P. de Moraes pelo auxílio em campo.

5. Referências

- Altmann, J.** 1974. Observational study of behavior: Sampling methods. *Behaviour* **49**, 227–267.
- Antas, P. T. Z.** 1983. Migration of Nearctic shorebirds (Charadriidae and Scolopacidae) in Brasil – flyways and their different seasonal use. *Wader Study Group Bulletin*, **39**, 52–56.
- Barbieri, E. & Pinna, F. V.** 2005. Distribuição da Bатуíra-de-coleira (*Charadrius collaris*) durante o período de 1999 a 2001 na praia da Ilha Comprida. *Revista Brasileira de Ornitologia*, **13**, 161–167.
- Barbosa, A.** 1997. Foraging strategy and predator avoidance behaviour: an intraspecific approach. *Acta Oecologica*, **18**, 615–620.
- Beauchamp, G.** 2004. Reduced flocking by birds on islands with relaxed predation. *Proceedings of the Royal Society B*, **271**, 1039–1042.
- Beauchamp, G.** 2005. Low foraging success of semipalmated sandpipers at the edges of groups. *Ethology*, **111**, 785–798.
- Bednekoff, P. A.** 2007. Foraging in the face of danger. In: *Foraging: behaviour and ecology* (Ed. por D. W. Stephens, J. S. Brown & R. C. Ydenberg), pp. 305–330. United States of America: University of Chicago Press.
- Bildstein, K. L., Schelsky, W., Zalles, J. & Ellis, S.** 1998. Conservation status of tropical raptors. *Journal of Raptor Research*, **32**, 3–18.
- Bildstein, K. L. & Saborio, M.** 2000. Spring migration counts of raptors and new world vultures in Costa Rica. *Ornitología Neotropical*, **11**, 197–205.

- Branco, J. O.** 2003. Reprodução de aves marinhas nas ilhas costeiras de Santa Catarina, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, **20**, 619–623.
- Butler, R. W., Ydenberg, R. C. & Lank, D. B.** 2003. Wader migration on the changing predator landscape. *Wader Study Group Bulletin*, **100**, 130–133.
- Caraco, T., Martindale, S. & Pulliam, H. R.** 1980. Avian flocking in the presence of a predator. *Nature*, **285**, 400–401.
- Cirano, M. & Lessa, G. C.** 2007. Oceanographic characteristics of Baía de Todos os Santos, Brazil. *Revista Brasileira de Geofísica*, **25**, 363–387.
- Cresswell, W.** 1993. Escape responses by redshanks, *Tringa totanus*, on attack by avian predators. *Animal Behaviour*, **46**, 609–611.
- Cresswell, W.** 1994. Flocking is an effective anti-predation strategy in redshanks, *Tringa totanus*. *Animal Behaviour*, **47**, 433–442.
- Cresswell, W.** 1996. Surprise as a winter hunting strategy in Sparrowhawks *Accipiter nisus*, Peregrines *Falco peregrinus* and Merlins *F. columbarius*. *Ibis*, **138**, 684–692.
- Cresswell, W.** 2008. Non-lethal effects of predation in birds. *Ibis*, **150**, 3–17.
- Cresswell, W. & Whitfield, D. P.** 1994. The effects of raptor predation on wintering wader populations at the Tynninghame estuary, southeast Scotland. *Ibis*, **136**, 223–232.
- Dekker, D. & Ydenberg, R.** 2004. Raptor predation on wintering dunlins in relation to the tidal cycle. *Condor*, **106**, 415–419.
- Evans, P. R.** 1976. Energy balance and optimal foraging strategies in shorebirds: some implications for their distributions and movements in the non-breeding season. *Ardea*, **64**, 117–139.

- Ferguson-Lees, J. & Christie, D. A.** 2001. *Raptors of the world*. New York: Houghton Mifflin Company.
- Hamilton, W. D.** 1971. Geometry for the selfish herd. *Journal of Theoretical Biology*, **31**, 295–311.
- Isacch, J. P. & Martínez, M. M.** 2003. Habitat use by non-breeding shorebirds in flooding pampas grasslands in Argentina. *Waterbirds*, **26**, 494–500.
- Lima, S. L.** 1998. Nonlethal effects in the ecology of predator-prey interactions – What are the ecological effects of anti-predator decision-making? *BioScience*, **48**, 25–34.
- Lima, S. L. & Dill, L. M.** 1990. Behavioral decisions made under risk of predation: a review and prospectus. *Canadian Journal of Zoology*, **68**, 619–640.
- Lind, J. & Cresswell, W.** 2005. Determining the fitness consequences of antipredation behavior. *Behavioral Ecology*, **16**, 945–956.
- Lord, A., Waas, J. R. & Innes, J.** 1997. Effects of human activity on the behaviour of northern New Zealand dotterel *Charadrius obscurus aquilonius* chicks. *Biological Conservation*, **82**, 15–20.
- Lourenço, P. M., Silva, A., Santos, C. D., Miranda, A. C., Granadeiro, J. P. & Palmeirim, J. M.** 2008. The energetic importance of night foraging for waders wintering in a temperate estuary. *Acta Oecologica*, **34**, 122–129.
- Myers, J. P.** 1978. One deleterious effect of mobbing in Southern Lapwing (*Vanellus chilensis*). *Auk*, **95**, 419–420.
- Myers, J. P.** 1980a. Territorially and flocking by Buff-breasted Sandpipers: Variations in non-breeding dispersion. *Condor*, **82**, 241–250.
- Myers, J. P.** 1980b. Sanderlings *Calidris alba* in Bodega Bay: Facts, interference and shameless speculations. *Wader Study Group Bulletin*, **30**, 26–32.

- Morrison, R. I. G. & Ross, R. K.** 1989. *Atlas of Nearctic shorebirds on the coast of South America, Volume 2*. Ottawa: Canadian Wildlife Service Special Publication.
- Page, G. & Whitacre, D. F.** 1975. Raptor predation on wintering shorebirds. *Condor*, **77**, 73–83.
- Parker III, T. A., Stotz, F. D. & Fitzpatrick, J.** 1996. Ecological and distributional databases. In: *Neotropical Birds: Ecology and Conservation* (Ed. por F. D. Stotz, J. Fitzpatrick, T. A. Parker III & D. K. Moskovits), pp. 115–391. Chicago: Chicago University Press.
- Pienkowski, M. W.** 1983. Changes in the foraging pattern of plovers in relation to environmental factors. *Animal Behaviour*, **31**, 244–264.
- Piersma, T.** 1996a. Family Charadriidae (plovers). In: *Handbook of the birds of the world. Vol. 3, Hoatzin to Auks* (Ed. por J. del Hoyo, A. Elliott & J. Sargatal), pp. 384–409. Barcelona: Lynx Editions.
- Piersma, T.** 1996b. Family Scolopacidae (sandpipers, snipes and phalaropes). In: *Handbook of the birds of the world. Vol. 3, Hoatzin to Auks* (Ed. por J. del Hoyo, A. Elliott & J. Sargatal), pp. 444–487. Barcelona: Lynx Editions.
- Pomeroy, A. C.** 2006. Tradeoffs between food abundance and predation danger in spatial usage of a stopover site by western sandpipers, *Calidris mauri*. *Oikos*, **112**, 629–637.
- Sazima, I.** 2007. The jack-of-all-trades raptor: versatile foraging and wide trophic role of the Southern Caracara (*Caracara plancus*) in Brazil, with comments on feeding habits of the Caracarini. *Revista Brasileira de Ornitologia*, **15**, 592–597.
- Siegel, S. & Castellan Jr., N. J.** 1988. *Nonparametric statistics for behavioral sciences*. 2nd edn. Singapore: McGraw-Hill Book Company.

- Strauch Jr., J. G. & Abele, L. J.** 1979. Feeding ecology of three species of plovers wintering on the bay of Panama, Central America. *Studies in Avian Biology*, **2**, 217–230.
- Whitfield, D. P.** 2003. Raptor predation on non-breeding shorebirds: some thoughts for the future. *Wader Study Group Bulletin*, **100**, 134–137.
- Wiersma, P.** 1996. Family Charadriidae (plovers). Species accounts. In: *Handbook of the Birds of the World, Vol.3, Hoatzin to Auks* (Ed. por J. del Hoyo, A. Elliott & J. Sargatal), pp. 410–413. Barcelona: Lynx Editions.
- Willis, E. O.** 1972. Do birds flock in Hawaii, a land without predators? *California Birds*, **3**, 1–9.
- Winkler, E. I. G.** 1995. *Espantelho para afugentar caturritas (Móbile)*, in portuguese. Pelotas: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa, Clima Temperado.
- Yasué, M.** 2006. Environmental factors and spatial scale influence shorebirds' responses to human disturbance. *Biological Conservation*, **128**, 47–54.
- Ydenberg, R. C., Butler, R. W., Lank, D. B., Smith, B. D. & Ireland, J.** 2004. Western sandpipers have altered migration tactics as peregrine falcon populations have recovered. *Proceedings of the Royal Society B*, **271**, 1263–1269.

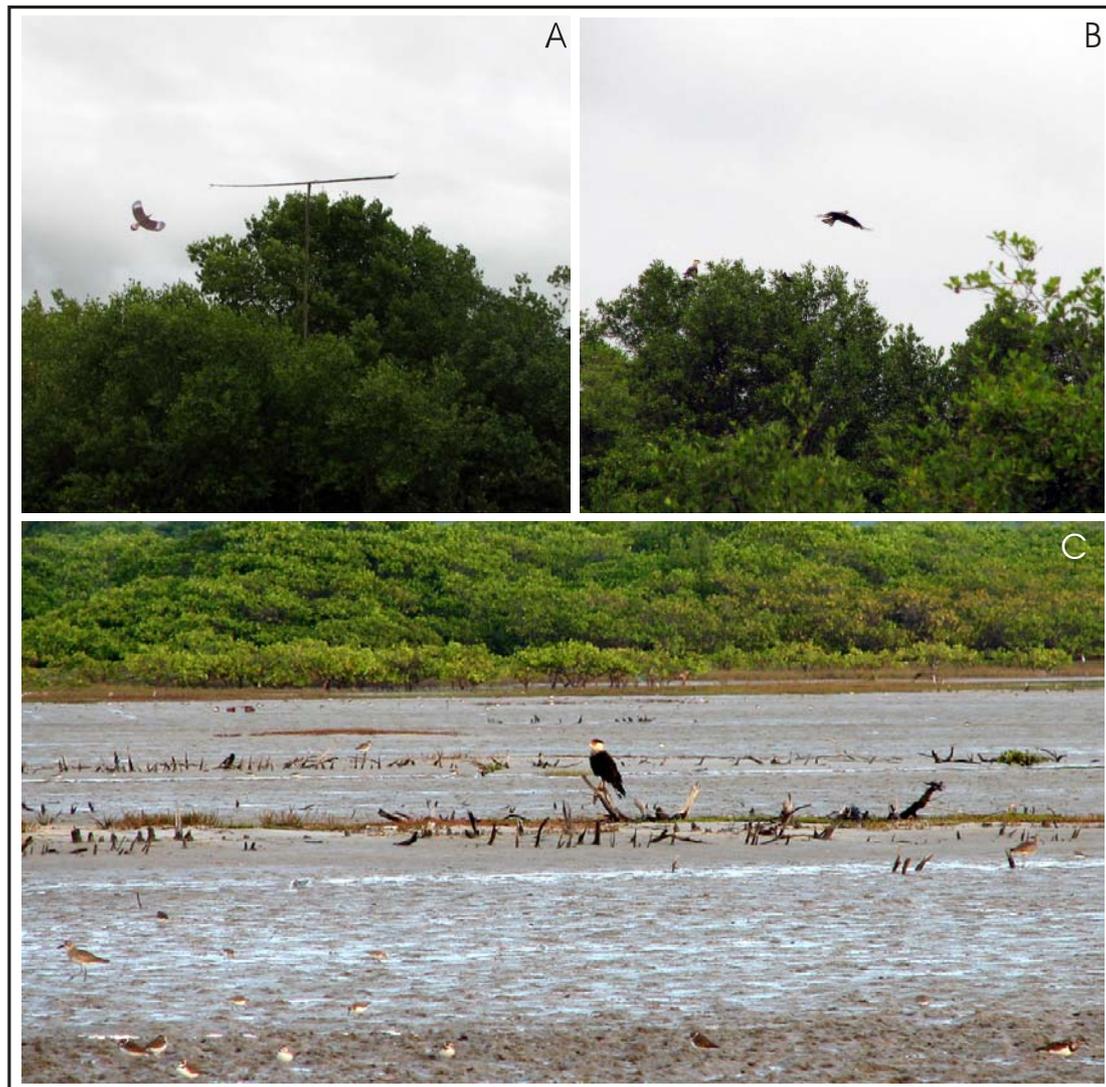


Figura 1. (A) Modelo móvel do caracará utilizado no experimento; (B) caracará (*Caracara plancus*) sobrevoando o manguezal; e (C) utilizando mesmo local de descanso que Charadriiformes limícolas na área de estudo.

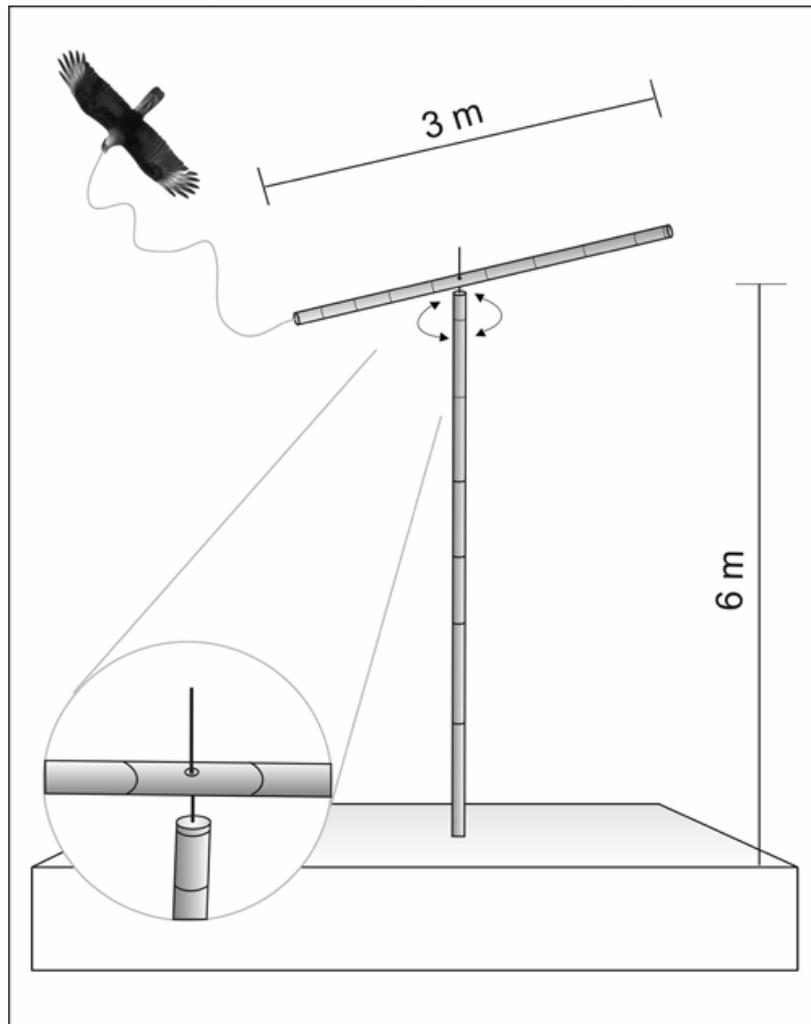


Figura 2. Modelo móvel utilizado para simular a presença de um verdadeiro caracará (*Caracara plancus*), em área intermareal da Baía de Todos os Santos, Brasil. Modelo desenvolvido originalmente por Winkler (1995).

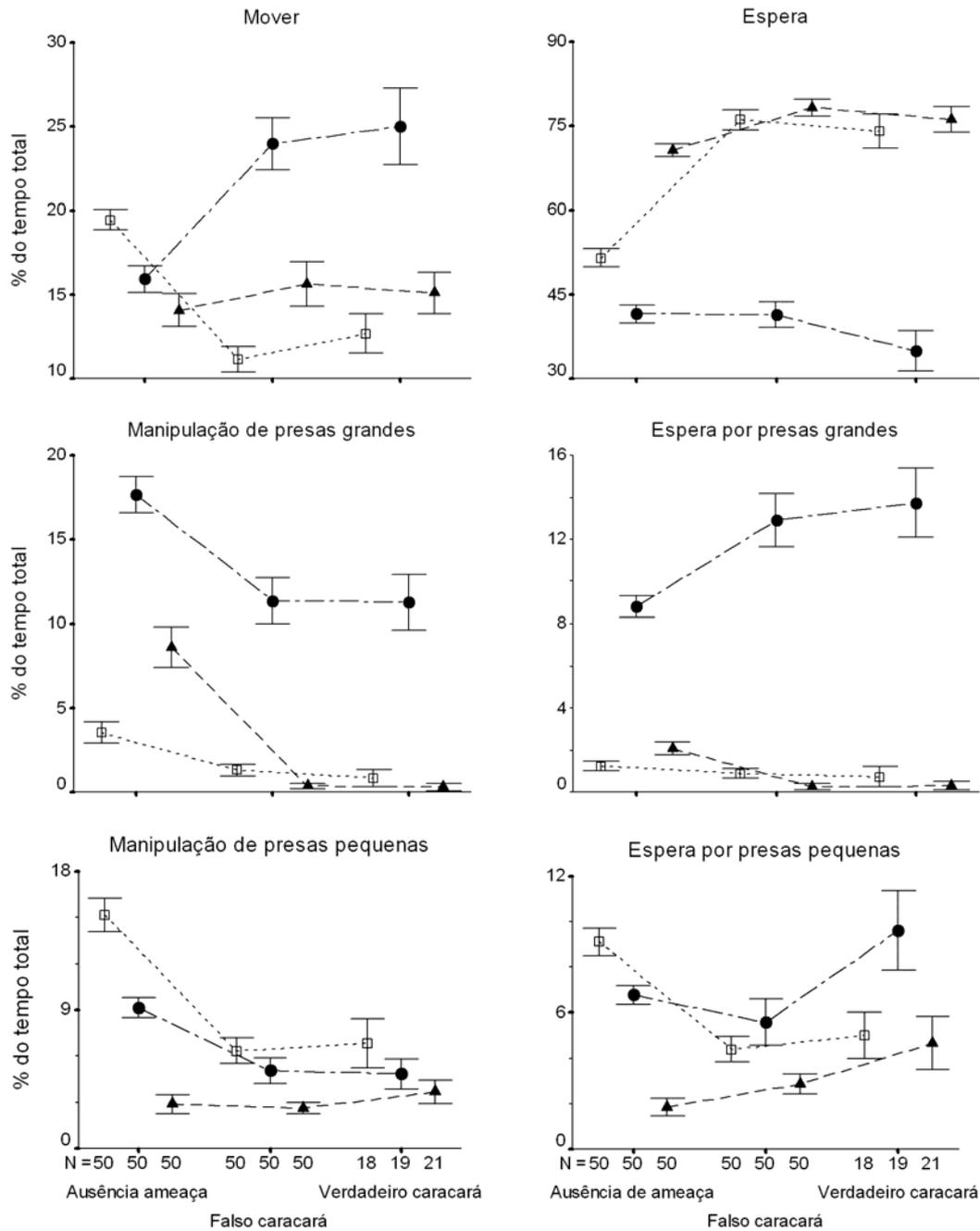


Figura 3. Orçamento de atividades de batuíras (●—● *Charadrius semipalmatus*, □—□ *C. collaris*, ▲—▲ *C. wilsonia*) em três condições: (i) forrageando na ausência de ameaça, (ii) após exposição do modelo de caracará (falso caracará) e (iii) do verdadeiro caracará. Proporções médias de tempo total (%), com respectivos erros-padrão (barras verticais), são apresentadas para as atividades mutuamente exclusivas: mover, espera, espera por presas grandes e pequenas, manipulação de presas grandes e pequenas.

Tabela 1. Descrição das categorias comportamentais de forrageamento utilizada para o cálculo do orçamento de atividades de batuíras *Charadrius* em forrageio na Baía de Todos os Santos, Brasil.

Atividade	Descrição da atividade
Mover	Tempo investido em movimento sem captura de presa
Manipulação de presa grande	Tempo para capturar e engolir uma presa grande, incluindo o tempo para se mover do local ou para o local de captura.
Manipulação de presa pequena	Tempo para capturar e engolir uma presa pequena, incluindo o tempo para se mover do local ou para o local de captura.
Espera	Tempo de espera, antes de se mover para um novo local de espera sem captura de presa.
Espera por presa grande	Tempo de espera, antes de se mover para captura de presa grande.
Espera por presa pequena	Tempo de espera, antes de se mover para captura de presa pequena.

Tabela 2. Valores médios de taxa de alimentação, tamanho dos bandos e número de co-específicos em batuíras *Charadrius*, observadas antes e após a exposição do modelo de falso caracará (*Caracara plancus*) na Baía de Todos os Santos, Brasil. Tamanhos amostrais para as três espécies, tanto antes quanto após exposição ao modelo: $N = 50$. Desvios-padrão são apresentados entre parênteses.

Exposição ao modelo	<i>Charadrius collaris</i>			<i>Charadrius semipalmatus</i>			<i>Charadrius wilsonia</i>		
	Antes	Após	<i>P</i>	Antes	Após	<i>P</i>	Antes	Após	<i>P</i>
Taxa de alimentação	8,02 (3,83)	2,34 (2,00)	**	10,18 (4,20)	4,2 (2,82)	***	1,42 (0,95)	0,90 (0,74)	**
Tamanho do bando	50,98 (23,12)	47,96 (19,74)	NS	53,04 (27,69)	58,84 (32,72)	NS	51,02 (39,53)	50,12 (35,97)	NS
Nº de co-específicos	1,84 (1,33)	2,02 (1,00)	NS	14,9 (9,98)	31,9 (17,65)	NS	3,78 (1,91)	3,80 (1,81)	NS

Taxa de alimentação: número de presas consumidas em 2 min de observação individual; Tamanho do bando: número total de indivíduos nos bandos mistos de limícolas; Nº de co-específicos: número de co-específicos presentes nos bandos mistos. Valores de *P* correspondem aos resultados dos testes estatísticos não-paramétricos: ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$; ^{NS} Não-significativo $P \geq 0,05$ (detalhes no texto).

Tabela 3. Comparação de orçamento de atividade, taxas de alimentação e tamanho dos bandos de batuíras *Charadrius*, em duas condições: (i) estímulo do caracará verdadeiro *versus* estímulo do modelo móvel do caracará e (ii) estímulo do caracará verdadeiro *versus* ausência de estímulo de aves de rapina, em área intermareal na Baía de Todos os Santos, Brasil.

Condição		Orçamento de atividades de forrageio, taxas de alimentação e tamanho de bandos								
		<i>M</i>	<i>H_l</i>	<i>H_s</i>	<i>W</i>	<i>W_l</i>	<i>W_s</i>	<i>F_{RATE}</i>	<i>Gr_{SIZE}</i>	<i>N^o_{CO-SP}</i>
(i)	<i>Charadrius collaris</i>	480 ^{NS}	497 ^{NS}	450 ^{NS}	420,5 ^{NS}	490,5 ^{NS}	424 ^{NS}	424,5 ^{NS}	432 ^{NS}	384 ^{NS}
	<i>Charadrius semipalmatus</i>	435 ^{NS}	424 ^{NS}	442 ^{NS}	361 ^{NS}	417,5 ^{NS}	316*	417,5 ^{NS}	339 ^{NS}	449 ^{NS}
	<i>Charadrius wilsonia</i>	476 ^{NS}	519 ^{NS}	470 ^{NS}	425,5 ^{NS}	517,5 ^{NS}	451,5 ^{NS}	474,4 ^{NS}	464,5 ^{NS}	377,5 ^{NS}
(ii)	<i>Charadrius collaris</i>	136 ^{***}	267 ^{**}	176 ^{***}	85 ^{***}	298*	200,5 ^{**}	77,5 ^{***}	414 ^{NS}	437 ^{NS}
	<i>Charadrius semipalmatus</i>	226 ^{**}	228 ^{**}	263,5*	344,5 ^{NS}	287*	348 ^{NS}	104 ^{***}	358 ^{NS}	349,5 ^{NS}
	<i>Charadrius wilsonia</i>	463 ^{NS}	172,5 ^{***}	425 ^{NS}	350,5*	223 ^{***}	363*	377,5*	464,2 ^{NS}	472 ^{NS}

Valores *U* de Mann-Whitney são apresentados com seus correspondentes valores de *P*: * *P* < 0,05; ** *P* < 0,01; *** *P* < 0,001; ^{NS} Não-significativo.

M, mover; *H_l*, manipulação de presa grande; *H_s*, manipulação de presa pequena; *W*, espera; *W_l*, espera por presa grande; *W_s*, espera por presa pequena. *F_{RATE}*, número de presas consumidas em 2 min; *Gr_{SIZE}*, n° total de indivíduos no bando; *N^o_{CO-SP}*, n° de co-específicos no bando. N°

amostrais com o estímulo do modelo de caracará e na ausência de ameaça: $N = 50$ (para as três espécies de batuíras); com o estímulo do caracará verdadeiro: $N = 18$ (*C. collaris*), $N = 19$ (*C. semipalmatus*) e $N = 21$ (*C. wilsonia*).

Capítulo III

Relação entre movimento da maré, risco de predação e estratégias de forrageamento em aves limícolas neárticas no nordeste da América do Sul

Relação entre movimento da maré, risco de predação e estratégias de forrageamento em aves limícolas neárticas no nordeste da América do Sul

Resumo

Áreas intermareais são importantes locais de alimentação de assembléias de aves limícolas durante invernagem. A atividade de forrageamento das aves nestes habitats é restringida pelo movimento da maré e presumivelmente pelo risco de predação (proximidade da costa ou da vegetação costeira). Neste estudo, investigou-se a resposta comportamental de espécies Charadriidae e Scolopacidae neárticas ao movimento da maré em uma área intermareal tropical na Baía de Todos os Santos, nordeste do Brasil. Para tanto, foram realizados censos das aves durante o ciclo da maré, em uma área intermareal demarcada, que se estende do manguezal (costa) até o menor nível da maré baixa. Duas predições foram testadas: (i) aves limícolas com estratégias de forrageamento distintas (visuais ou táteis) preferem diferentes fases do ciclo da maré; e (ii) o uso da área intermareal por aves limícolas é influenciado pelo risco de predação (estimado pela proximidade da vegetação costeira de manguezal). Espécies forrageadoras visuais ou que buscam presas na superfície do solo utilizaram a área intermareal principalmente durante o período de maré baixa, enquanto que forrageadores táteis utilizaram a área intermareal durante a descida e/ou subida da maré. Ambos forrageadores táteis e visuais utilizaram intensamente áreas próximas à costa (manguezal) para forrageamento, independente da fase da maré. Deste modo, a predição de que o risco de predação influencia o uso desta área tropical por aves limícolas em forrageio foi refutada. A suposta ausência de predação por aves de rapina diurnas nesta região pode ser uma explicação para a não evitação de forrageio próximo à costa.

Palavras-chave: América do Sul, área de invernagem, área intermareal, estratégias de forrageio, risco de predação.

1. Introdução

Todos os anos milhares de aves limícolas Charadriidae e Scolopacidae neárticas realizam longas migrações entre áreas de reprodução, no Ártico e Subártico da América do Norte, e áreas específicas de invernagem, na costa da América do Sul (Morrison, 1984; Morrison e Ross, 1989). As regiões costeiras com amplas áreas intermareais, como baías e estuários, são alguns dos locais preferidos para parada temporária durante migração (*stopover*) e/ou invernagem para muitas dessas espécies (Morrison, 1984; Myers et al., 1987; Morrison e Ross, 1989). As zonas intermareais são utilizadas como área de alimentação por grandes concentrações de aves limícolas, e são consideradas essenciais para sobrevivência destas durante o período não-reprodutivo e preparação para a próxima migração (Morrison, 1984; Myers et al., 1987).

Em áreas intermareais o ritmo de forrageamento de aves limícolas é fortemente influenciado pelo movimento da maré (Burger et al., 1977; Connors et al., 1981; Fleischer, 1983; Burger, 1984; Hötker, 1999; Ribeiro et al., 2004; Granadeiro et al., 2006; van Gils et al., 2006). Geralmente, a área intermareal é expandida e contraída progressivamente duas vezes ao dia, promovendo períodos de exposição ou cobertura do solo pela água. Este movimento altera temporal e espacialmente a área de forrageamento e a disponibilidade de presas para estas aves, implicando em mudanças no uso da área e no comportamento dos indivíduos ao longo do ciclo (Burger et al., 1977; Connors et al., 1981; Fleischer, 1983; Burger, 1984; Myers et al., 1987; Ribeiro et al., 2004; Granadeiro et al., 2006). Em geral, espécies predadoras táteis concentram suas atividades de forrageamento durante as fases de descida e subida da maré, enquanto espécies predadoras visuais, ou que buscam por presas mais superficiais, forrageiam em todas as fases do ciclo, ou ainda preferem a área durante a maré baixa (e.g. Burger et al., 1977; Connors et al., 1981; Ribeiro et al., 2004; Granadeiro et al., 2006). Muitas

espécies limícolas estão associadas a agregações mistas durante grande parte de seu período não-reprodutivo, e as respostas ao movimento da maré, observadas em cada espécie, podem ter evoluído como resposta direta à competição interespecífica, refletindo a especialização de nichos (Burger et al., 1977).

Durante o período não-reprodutivo, aves de rapina estão entre os principais predadores de Charadriidae e Scolopacidae limícolas (Page e Whitacre, 1975; Whitfield, 1985; Cresswell e Whitfield, 1994; Dekker e Ydenberg, 2004), e muitos dos comportamentos observados nestas aves são atribuídos ao risco de predação (e.g. Cresswell, 1994; Barbosa, 1997; Whitfield, 2003). Estudos prévios em *stopovers* e áreas de invernagem revelaram que aves limícolas foram mais vulneráveis à predação quando estas se encontravam mais próximas à costa ou a vegetação costeira (Cresswell, 1994; Whitfield, 2003; Cresswell e Quinn, 2004; Dekker e Ydenberg, 2004). Estas áreas são consideradas áreas de cobertura (*cover*) de aves de rapina, sendo a vegetação, muitas vezes, o local de origem de seus ataques às aves limícolas (Cresswell, 1996; Cresswell e Quinn, 2004). As áreas de vegetação podem ainda obstruir a visão de potenciais presas (Metcalf, 1984; Lazarus e Symonds, 1992; Jing et al., 2007), dificultando a detecção e o escape do ataque de predadores. Assim, manter-se distante da vegetação e da linha costeira pode conferir maior segurança para presas em potencial (e.g. Whitfield, 2003; Dekker e Ydenberg, 2004; Pomeroy, 2006; Yasué, 2006). Esta estratégia antipredatória pode ainda influenciar o uso espacial da zona intermareal (Pomeroy, 2006; Yasué, 2006).

Considerando o ciclo da maré, o risco de predação de aves limícolas pode variar espacial e temporalmente dentro da área intermareal. Durante a maré baixa as aves podem forragear em locais mais distantes da costa e da vegetação costeira, o que potencialmente reduziria as chances de serem predadas por aves de rapina. Entretanto,

com a subida da maré as aves são forçadas a forragearem mais próximas à costa, onde estariam mais vulneráveis (Dekker e Ydenberg, 2004).

Grande parte do conhecimento sobre a influência do ciclo da maré ou do risco de predação no uso de áreas intermareais por aves limícolas neárticas foi obtido em áreas de invernagem ou *stopovers* em regiões temperadas (e.g. Page e Whitacre, 1975; Burger et al., 1977; Burger, 1984; Dekker e Ydenberg, 2004; Pomeroy, 2006; Yasué, 2006). Entretanto, muitas áreas de invernagem e *stopovers*, utilizadas por limícolas neárticas, estão localizadas em áreas tropicais (Morrison e Ross, 1989), onde as condições ambientais são diferentes de áreas temperadas (Kober e Barlein, 2006a, b, 2009). Neste estudo, investigou-se a influência da maré na atividade de forrageio de aves limícolas neárticas durante invernagem, em uma baía tropical no nordeste do Brasil. Especificamente, a resposta comportamental de diferentes espécies de aves limícolas nesta baía foi determinada em função do movimento da maré, e a intensidade de uso da área pelas aves foi descrita ao longo deste ciclo. Assim, duas predições foram testadas: (i) aves limícolas com estratégias de forrageamento distintas (visuais ou táteis) preferem diferentes fases do ciclo da maré; e (ii) o uso da área intermareal por aves limícolas é influenciado pela proximidade da vegetação costeira de manguezal. Durante a passagem da linha da maré, a área intermareal está mais úmida, sendo mais apropriado para forrageamento de predadores táteis (Myers et al., 1980; Mouritsen e Jensen, 1992; Ribeiro et al., 2004); e durante a maré baixa há uma maior área disponível para buscar presas visualmente (Pienkowski, 1983) e alta disponibilidade de presas na superfície (Iribarne e Martínez, 1999; Ribeiro et al., 2004). Se espécies limícolas evitarem o forrageio em áreas próximas à costa, onde ocorre vegetação de manguezal, é provável que elas interpretem a linha da costa e o manguezal como uma área de maior risco de predação (Pomeroy, 2006; Yasué, 2006). Alternativamente, se não evitarem o forrageio

próximo à costa durante o ciclo da maré, é provável que a costa e a vegetação não representem risco de predação para estas aves.

2. Métodos

2.1. Área de estudo

Este estudo foi conduzido na Baía de Todos os Santos, nordeste do Brasil. É a segunda maior baía brasileira (1223 km²; Cirano e Lessa, 2007) e uma relevante área de invernagem e parada temporária de Charadriidae e Scolopacidae neárticas migratórias (Antas, 1983; Morrison e Ross, 1989). A Baía de Todos os Santos possui uma área intermareal de 327 km², composta principalmente por areia e argila, sendo 152 km² ocupados por manguezais (Cirano e Lessa, 2007). As marés são semi-diurnas, apresentando amplitudes entre 3 m, nas marés de sizígia no outono, e 0,8 m, nas marés de quadratura na primavera (dados obtidos em <<http://www.cptec.inpe.br>>, estação meteorológica de Madre de Deus, BA).

A área de estudo compreende uma zona intermareal relativamente conservada na costa oeste da Baía de Todos os Santos (12°45'S, 38°45'O). Possui baixa atividade antrópica e é utilizada como área de alimentação por diferentes espécies de Charadriidae e Scolopacidae limícolas neárticos durante o verão. Também é caracterizada pela homogeneidade do sedimento e apresenta manguezal adjacente, representado por *Rizophora mangle* (Rhizophoraceae), *Avicennia* spp. (Acanthaceae) e *Connocarsus erectus* (Combretaceae), podendo alcançar mais de 7 m de altura.

Dentro da área intermareal, foram demarcados nove quadrantes semi-permanentes (22,5 m X 50 m), paralelos à linha da água e justapostos em série, com auxílio de uma trena, GPS, bússola e estacas de madeira. O comprimento dos quadrantes (22,5 m) foi baseado na distância que a linha da maré percorria durante 20

min, sob influência de maré de amplitude de 2 m (distância média percorrida pela maré = $1,12 \pm 4,53$ m/min, n = 30). O limite superior da área total demarcada (início do quadrante 1) esteve distante 15 m do manguezal, e o limite inferior (final do quadrante 9), a aproximadamente 30 m do local atingido pela linha da maré baixa durante o verão (Fig. 1).

2.2. Censo das aves

Os censos foram realizados entre novembro de 2007 e fevereiro de 2008, durante o período diurno (06:00 – 17:00 h), na ausência de precipitação e sob baixa velocidade de vento (<10 m/s). A metodologia de censo utilizada seguiu Granadeiro et al. (2006), com adaptações para a área de estudo. Os censos das aves em forrageamento foram realizados na área demarcada durante 40 meio-ciclos de maré: 20 entre a maré alta e a maré baixa, e 20 entre a maré baixa e a maré alta. Cada meio-ciclo teve duração de 6 h, totalizando 240 h de esforço em campo. As aves observadas nos censos foram: *Pluvialis squatarola*, *Charadrius semipalmatus*, *Arenaria interpres*, *Numenius phaeopus*, *Calidris pusilla* e *Calidris alba*. Os censos foram realizados por um único observador em uma pequena plataforma a 4,5 m de altura do solo, montada no interior do manguezal, com auxílio de binóculos 10 X 50 mm. A posição do observador no alto da plataforma permitiu o censo das aves/quadrante e a sua permanência no interior do manguezal evitou interferência às aves. Os registros de indivíduos/espécies/quadrante ocorreram em intervalos de 20 min, durante o período em que a linha da maré estava passando pelos quadrantes (subida ou descida da maré), e em intervalos de 30 min, quando todos os quadrantes estiveram expostos durante a maré baixa. Foram utilizados intervalos de 30 min durante a maré baixa, pois nesta fase há uma pequena variação no número de aves utilizando a área intermareal (ver Hicklin e Smith, 1984). As

amostragens de maré baixa ocorreram aproximadamente 1,5 h após a linha da maré deixar os quadrantes (durante o meio-ciclo entre maré alta e baixa) e aproximadamente 1,5 h antes da linha da maré iniciar a inundação dos quadrantes (durante o meio-ciclo entre maré baixa e alta).

Os dados dos censos das aves foram estratificados em três fases durante o ciclo diurno da maré: (1) maré descendente, correspondendo ao período de tempo que a linha da água cruzava a área demarcada, deixando-a gradualmente exposta; (2) maré baixa, quando toda a área demarcada permanecia completamente exposta; e (3) maré ascendente, quando a linha da maré cruzava a área demarcada, deixando-a gradualmente submersa.

2.3. Preferência por fases do ciclo da maré

Os dados dos censos estratificados nestes três períodos (descendente, baixa e ascendente) foram transformados em densidade (aves/ha). Devido à hipótese de normalidade e homogeneidade da variância dos dados ter sido rejeitada, foi utilizada estatística não-paramétrica para comparar estes três períodos, através de análise de variância de um fator de Kruskal-Wallis, seguido de comparações múltiplas entre tratamentos (Siegel e Castellan, 1989). A partir desta comparação identificou-se a preferência de cada espécie investigada pelas três diferentes fases da maré. As aves foram classificadas como: seguidoras da maré – quando exibiram preferência para forragear durante a passagem da maré; e não-seguidoras – quando não exibiram atração por nenhuma das fases de passagem da água, ou quando preferiram forragear durante a maré baixa (Granadeiro et al., 2006).

2.4. Uso dos quadrantes

Para estimar a intensidade do uso dos quadrantes demarcados durante o ciclo da maré, os dados dos censos de cada quadrante foram integrados sucessivamente a cada hora, durante cada fase da maré (descendente, baixa e ascendente). Com isso, obteve-se uma estimativa do número de aves por hora, para cada uma das espécies, em cada um dos quadrantes, em três diferentes fases da maré. Para facilitar a análise e a interpretação dos dados, estas estimativas foram agrupadas em quadrantes denominados: altos (quadrantes 1 a 3), medianos (quadrantes 4 a 6) e baixos (7 a 9) (modificado de Granadeiro et al., 2006). A análise de variância de dois fatores não-paramétrica por ranqueamento de Friedman, seguida de comparações múltiplas, foram utilizadas para avaliar a preferência das diferentes espécies por quadrantes altos, medianos e baixos, independente da fase da maré. Esta mesma análise também foi utilizada para determinar a intensidade do uso da área por aves ‘seguidoras’ e ‘não-seguidoras’ da passagem da linha da maré, independente da localização das aves na área demarcada.

Todas as análises estatísticas foram realizadas no pacote estatístico ‘pgirmess’, software estatístico R (R Development Core Team, 2009, disponível em <<http://R-project.org>>).

3. Resultados

3.1. Influência do movimento da maré no forrageamento de aves limícolas

As espécies investigadas diferiram em preferência de forrageamento entre as fases do ciclo da maré na área de estudo. *Pluvialis squatarola*, *Charadrius semipalmatus* e *Arenaria interpres* foram mais abundantes durante o período de maré baixa. Assim, por não apresentarem preferência nos períodos da passagem da linha da água, estas três espécies foram classificadas como ‘não-seguidoras’ da passagem da

linha da maré (Tabela 1, Fig. 2). Contudo, *Numenius phaeopus* e *Calidris pusilla* foram mais abundantes durante a descida da maré, e *Calidris alba*, durante a subida e a descida da maré. Por apresentarem alta abundância em pelo menos uma das fases de passagem da linha da água, estas foram classificadas como ‘seguidoras’ da passagem da linha da maré (Tabela 1, Fig. 2).

Outras espécies Charadriidae (*Charadrius wilsonia* e *Charadrius collaris*) e Scolopacidae (*Actitis macularius* e *Tringa semipalmata*) também foram encontradas forrageando nesta área, mas não foram incluídas nas análises, pois foram raras.

As espécies ‘não-seguidoras’ intensificaram sua atividade durante a maré baixa (Efeito da fase da maré: Friedman test, $F_{r(2, 180)} = 74,02$ (*P. squatarola*), $F = 15,23$ (*C. semipalmatus*), $F = 15,56$ (*A. interpres*); todos: $n = 180$, $p < 0,001$). Já as ‘seguidoras’ utilizaram a área demarcada com mais intensidade durante os períodos de passagem da linha da água (Efeito da fase da maré: Friedman test: $F_{r(2, 180)} = 133,52$ (*N. phaeopus*), $F = 86,70$ (*C. alba*), $F = 53,99$ (*C. pusilla*); todos: $n = 180$, $p < 0,001$).

3.2. Uso dos quadrantes

Pluvialis squatarola, *C. semipalmatus* e *A. interpres* preferiram forragear nos quadrantes: altos e medianos, enquanto *N. phaeopus* preferiu os quadrantes altos e *C. pusilla*, os quadrantes medianos. Por outro lado, *C. alba* não apresentou atração significativa por nenhum dos grupos de quadrantes (Tabela 2).

4. Discussão

4.1. Influência do movimento da maré no forrageamento de aves limícolas

O ciclo da maré influenciou diretamente a atividade de forrageamento das seis espécies neárticas durante invernação na Baía de Todos os Santos. As espécies

investigadas foram classificadas como ‘seguidoras’ e ‘não-seguidoras’ da linha da maré, de acordo com a preferência por determinada fase do ciclo (descendente, baixa e ascendente). Este resultado corrobora os obtidos em trabalhos anteriores, onde foram avaliados os efeitos da maré em agregações mistas de Charadriidae e Scolopacidae em forrageio durante invernagem (e.g. Burger et al., 1977; Burger, 1984; Ribeiro et al., 2004; Granadeiro et al., 2006). As espécies ‘seguidoras’ utilizaram a área demarcada muito mais intensamente nos períodos de passagem da linha da maré, enquanto que as ‘não-seguidoras’ utilizaram a área preferencialmente durante o período de completa exposição.

As espécies ‘seguidoras’ *C. alba*, *C. pusilla* e *N. phaeopus* são essencialmente predadores táteis, embora também usem a visão para detecção de presas. Scolopacidae possuem bicos finos e compridos, com alta densidade de receptores táteis, tornando-os muito efetivos na detecção de presas localizadas no interior do solo (Piersma, 1996b). Durante a passagem da linha da maré (ascendente e descendente) o solo está mais úmido do que durante a maré baixa, o que pode aumentar o grau de penetrabilidade do solo, facilitando o forrageio de espécies predadoras táteis (Myers et al., 1980; Mouritsen e Jensen, 1992; Ribeiro et al., 2004). Por outro lado, as espécies ‘não-seguidoras’ *P. squatarola* e *C. semipalmatus* são forrageadores visuais. Espécies da família Charadriidae, comparativamente aos Scolopacidae, possuem olhos maiores, bicos mais curtos e grossos e forrageiam presas no solo através de pistas visuais (Piersma, 1996a). Supostamente, estas duas espécies de Charadriidae preferem forragear durante a maré baixa porque: (i) requerem uma ampla área de busca por pistas de presas, (ii) evitam forragear em concentrações de aves limícolas, especialmente de predadores táteis que se agregam próximos à linha da maré, para reduzir a interferência na alimentação (ver Pienkowski, 1983); e/ou (iii) durante a maré baixa, a abundância e a atividade de

algumas presas na superfície é maior (e.g. pequenos caranguejos do gênero *Uca*, ver Iribarne e Martínez, 1999; Ribeiro et al., 2004). A Scolopacidae *A. interpres* também se comportou como ‘não-seguidora’. Diferente de outras espécies desta família, *A. interpres* possui o bico mais espesso, possivelmente adaptado ao seu modo de forrageio peculiar: utiliza o bico tanto para o forrageio tátil, como para revirar pedras, conchas e outros objetos na superfície em busca de presas (Piersma, 1996b). Ainda, é considerada generalista em relação aos tipos de presas consumidas (Piersma, 1996b) e flexível em relação ao período de forrageamento (Iribarne e Martínez, 1999), podendo estar mais ativa e em forrageio durante a maré baixa (Fleischer, 1983; Iribarne e Martínez, 1999; Ribeiro et al., 2004).

Estes resultados revelam que aves limícolas com diferentes estratégias de forrageamento exibem diferentes respostas comportamentais ao movimento da maré na Baía de Todos os Santos. Em geral, forrageadores essencialmente táteis seguem a passagem da linha da maré, enquanto forrageadores visuais ou que buscam pistas de presas na superfície preferem forragear durante a maré baixa. Isto sugere que as estratégias de forrageamento espécie-específicas (táteis e visuais) podem exercer uma importante função no uso temporal da área intermareal por Charadriidae e Scolopacidae limícolas neárticas durante invernagem nos trópicos.

4.2. Uso dos quadrantes

O uso da área intermareal por *P. squatarola*, *C. semipalmatus*, *N. phaeopus* e *A. interpres* para forrageamento não foi influenciado pela proximidade da costa e da vegetação de manguezal. Estas espécies utilizaram intensamente os quadrantes próximos ao manguezal, independente da fase da maré. *Calidris alba* não evitou o forrageamento em áreas próximas ao manguezal, utilizando todos os quadrantes com a

mesma intensidade. De acordo com Granadeiro et al. (2006) espécies que exibem forte atração ao movimento da maré tendem a utilizar com a mesma intensidade todos os quadrantes. É possível que *C. pusilla* interprete a linha da costa e o manguezal como uma área de risco de predação, pois esta espécie utilizou os quadrantes medianos mais intensamente, evitando tanto os quadrantes mais próximos quanto os mais distantes da linha da costa (ver Pomeroy, 2006). Por isso, suspeita-se que outros fatores (e.g. tipo e densidade de presas) também possam influenciar a elevada intensidade de uso dos quadrantes medianos por esta espécie. O fato de cinco das seis espécies investigadas terem evitado os quadrantes mais distantes da costa pode apoiar esta hipótese. Já é bem estabelecido que a composição e a distribuição de presas influenciam a seleção de habitats para forrageamento em Charadriidae e Scolopacidae (Hicklin e Smith, 1984; Kalejta e Hockey, 1994; Pomeroy, 2006; Jing et al., 2007), e áreas mais distantes da costa podem ter menor abundância de invertebrados (Pomeroy, 2006).

Estudos prévios demonstraram que o risco de predação por aves de rapina tem uma forte influência sobre o uso do habitat em Charadriidae e Scolopacidae limícolas (Cresswell, 1994; Ydenberg et al., 2002; Yasué et al., 2003; Pomeroy, 2006; Piersma et al., 2006; Jing et al., 2007). Áreas próximas à costa e/ou a vegetação costeira são áreas de cobertura de aves de rapina, e aves limícolas são mais vulneráveis à predação quando estão próximas à linha costeira (Cresswell, 1994; Whitfield, 2003; Cresswell e Quinn 2004; Dekker e Ydenberg, 2004). Ainda, as áreas de vegetação são muitas vezes o local onde aves de rapina permanecem empoleiradas, em busca de presas (Jing et al., 2007), e o local de onde partem os ataques às aves limícolas (Cresswell, 1996; Cresswell e Quinn, 2004). Portanto, é suposto que aves limícolas interpretem áreas de vegetação como uma pista generalista de risco de predação, evitando o forrageio próximo a estas áreas (Yasué, 2006). O manguezal e a linha costeira parecem não representar risco de

predação às aves limícolas investigadas, uma vez que a maioria das espécies utilizou intensamente áreas próximas à costa e ao manguezal para forrageio, independente da fase do ciclo da maré. Assim, refutamos a predição de que o uso da área intermareal nesta baía tropical é fortemente influenciado pela proximidade da costa e vegetação costeira de manguezal. Atualmente na costa oeste da Baía de Todos os Santos a presença de aves de rapina generalistas é freqüente, entretanto o efeito letal sobre as aves limícolas é muito baixo ou ausente (obs. pess.). O Falconidae *Caracara plancus* pode ser freqüentemente encontrado empoleirado sobre a vegetação de manguezal ou na área intermareal, como também urubus (*Coragyps atratus* e *Cathartes burrovianus*, Cathartidae), e mais raramente *Cathartes aura*, Cathartidae, e *Milvago chimachima*, Falconidae, contudo não foram observados predação ou perseguição de aves limícolas. Estas aves de rapina forrageiam oportunamente animais mortos, provenientes de restos da pesca artesanal local, muitas vezes compartilhando a mesma área intermareal de forrageamento de aves limícolas (obs. pess.). É possível que as aves limícolas, por permanecerem grande parte do seu ciclo anual nesta área de invernagem (entre outubro e março), reconheçam que a proximidade do manguezal e da costa não conferem risco de predação. Entretanto, ressalta-se que se outras espécies de aves de rapina predadoras de aves limícolas (e.g. *Falco peregrinus*) vierem a utilizar esta área durante a invernagem, este padrão encontrado pode ser modificado (veja Lank et al., 2003).

Em resumo, a análise dos dados permitiu concluir que o forrageamento de aves limícolas Charadriidae e Scolopacidae na Baía de Todos os Santos é determinado parcialmente pelo movimento da maré. Ainda, as áreas mais próximas à costa e ao manguezal são intensamente utilizadas para forrageamento e aves limícolas parecem não interpretar estas como sendo áreas de risco de predação, possivelmente pela ausência de aves de rapina predadoras.

4.3. Implicações para manejo

Muitas das áreas úmidas na região costeira do Hemisfério Oeste, que são utilizadas por agregações de aves limícolas durante invernagem, estão sob grande pressão e ocupação antrópica (Myers et al., 1987; Bildstein et al., 1991). A perda e a degradação das áreas de invernagem tornam estas espécies vulneráveis, e o seu manejo deve se iniciar com instruções locais, visando tornar estas áreas mais habitáveis às populações de aves limícolas (Myers et al., 1987). A importância da porção mais alta (*upper flats*) de áreas intermareais para a conservação de aves limícolas em invernagem foi previamente apresentada por Granadeiro et al. (2006) para um estuário na região temperada. Os resultados apresentados aqui também confirmam esta importância para o nordeste da América do Sul. Assim, baseado na intensidade do uso da área por Scolopacidae e Charadriidae na costa oeste da Baía de Todos os Santos, sugere-se que seja reservada uma zona costeira livre de distúrbio de pelo menos 200 m, que se estenda do manguezal até o limite da maré baixa, para conservação das áreas de forrageamento destes animais. Vale ressaltar que a ocupação desordenada da costa e o aumento da atividade recreativa têm limitado as áreas de forrageio e a permanência dos animais nesta região.

Agradecimentos

Agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq - Processo n°: 141831/2007-3) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes - Processo n°: 4672-08-9), pela bolsa de doutorado concedida a V.O. Lunardi. Agradecemos ainda ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia/Universidade de Brasília pelo apoio logístico. Agradecimentos especiais à

Marini, M.A., Rodrigues, M., Machado, R.B., Cariello, M.O., Hay, J.D.V. e Lunardi, D.G. pelas construtivas discussões e revisão do manuscrito.

5. Referências

- Antas, P.T.Z., 1983. Migration of Nearctic shorebirds (Charadriidae and Scolopacidae) in Brasil – flyways and their different seasonal use. Wader Study Group Bull. 39, 52–56.
- Barbosa, A., 1997. Foraging strategy and predator avoidance behaviour: an intraspecific approach. Acta Oecol. 18, 615–620.
- Bildstein, K.L., Bancroft, G.T., Dugan, P.J., Gordon, D.H., Erwin, R.M., Nol, E., Payne, L.X., Senner S.E., 1991. Approaches to the conservation of coastal wetlands in the Western Hemisphere. Wilson Bull. 103, 218–254.
- Burger, J., 1984. Abiotic factors affecting migrant shorebirds. In: Burger J., Olla, B.L. (Eds), Behavior of Marine Animals, Vol. 6, Shorebirds: Migration and Foraging Behavior. Plenum Press, New York, USA, pp. 1–72.
- Burger, J., Howe, M.A., Hahn, D.C., Chase, J., 1977. Effects of tide cycles on habitat selection and habitat partitioning by migrating shorebirds. Auk 94, 743–758.
- Cirano, M., Lessa, G.C., 2007. Oceanographic characteristics of Baía de Todos os Santos, Brazil. Rev. Bras. Geof. 25, 363–387.
- Connors, P.G., Myers, J.P., Connors, C.S.W., Pitelka, F.A., 1981. Interhabitat movements by sanderlings in relation to foraging profitability and the tidal cycle. Auk 98, 49–64.
- Cresswell, W., 1994. Flocking is an effective anti-predation strategy in redshanks, *Tringa totanus*. Anim. Behav. 47, 433–442.

- Cresswell, W., 1996. Surprise as a winter hunting strategy in Sparrowhawks *Accipiter nisus*, Peregrines *Falco peregrinus* and Merlins *F. columbarius*. *Ibis* 138, 684–692.
- Cresswell, W., Whitfield, D.P., 1994. The effects of raptor predation on wintering wader populations at the Tynninghame estuary, south-east Scotland. *Ibis* 136, 223–232.
- Cresswell, W., Quinn, J.L., 2004. Faced with a choice, sparrowhawks more often attack the more vulnerable prey group. *Oikos* 104, 71–76.
- Dekker, D., Ydenberg, R., 2004. Raptor predation on wintering Dunlins in relation to the tidal cycle. *Condor* 106, 415–419.
- Fleischer, R.C., 1983. Relationships between tidal oscillations and Ruddy Turnstone flocking, foraging and vigilance behavior. *Condor* 85, 622–629.
- Granadeiro, J.P., Dias, M.P., Martins, R.C., Palmeirim, J.M., 2006. Variation in numbers and behaviour of waders during the tidal cycle: implications for the use of estuarine sediment flats. *Acta Oecol.* 29, 292–300.
- Hicklin, P.W., Smith, P.C., 1984. Selection of foraging sites and invertebrate prey by migrant Semipalmated Sandpipers, *Calidris pusilla* (Pallas), in Minas Basin, Bay of Fundy. *Can. J. Zool.* 62, 2201–2210.
- Hötker, H., 1999. What determines the time-activity budgets of Avocets (*Recurvirostra avosetta*)? *Int. J. Ornithol.* 140, 57–71.
- Iribarne, O.O., Martínez M.M., 1999. Predation on the southwestern Atlantic Fiddler crab (*Uca uruguayensis*) by migratory shorebirds (*Pluvialis dominica*, *P. squatarola*, *Arenaria interpres*, and *Numenius phaeopus*). *Estuaries* 22, 47–54.

- Jing, K., Ma, Z., Li, B., Li, J., Chen, J., 2007. Foraging strategies involved in habitat use of shorebirds at the intertidal area of Chongming Dongtan, China. *Ecol. Res.* 22, 559–570.
- Kalejta, B., Hockey, P.A.R., 1994. Distribution of shorebird at the Berg river estuary, South Africa, in relation to foraging mode, food supply and environmental features. *Ibis* 136, 233–239.
- Kober, K., Bairlein, F., 2006a. Shorebirds of the Bragatinian Peninsula I. Prey availability and shorebird consumption at a tropical site in northern Brazil. *Ornitol. Neot.* 17, 531–548.
- Kober, K., Bairlein, F., 2006b. Shorebirds of the Bragatinian Peninsula II. Diet and foraging strategies of shorebirds at a tropical site in northern Brazil. *Ornitol. Neot.* 17, 549–562.
- Kober, K., Bairlein, F., 2009. Habitat choice and niche characteristics under poor food conditions. A study on migratory Nearctic shorebirds in the intertidal flats of Brazil. *Ardea* 971, 31–42.
- Lank, D.B., Butler, R.W., Ireland, J., Ydenberg, R.C., 2003. Effects of predation danger on migration strategies of sandpipers. *Oikos* 103, 303–319.
- Lazarus, J., Symonds, M., 1992. Contrasting effects of protective and obstructive cover on avian vigilance. *Anim. Behav.* 43, 519–521.
- Metcalf, N.B., 1984. The effects of habitat on the vigilance of shorebirds: is visibility important? *Anim. Behav.* 32, 981–985.
- Morrison, R.I.G., 1984. Migration systems of some New World shorebirds. In: Burger J., Olla, B.L. (Eds), *Behavior of Marine Animals, Vol. 6, Shorebirds: Migration and Foraging Behavior*. Plenum Press, New York, USA, pp. 125–202.

- Morrison, R.I.G., Ross, R.K., 1989. Atlas of Nearctic shorebirds on the coast of South America. 2 vols. Canadian Wildlife Service Special Publication, Ottawa.
- Mouritsen, K.N., Jensen, K.T., 1992. Choice of microhabitat in tactile foraging dunlins *Calidris alpina*: the importance of sediment penetrability. Mar. Ecol. Prog. Ser. 85, 1–8.
- Myers, J.P., Williams, S.L., Pitelka, F.A., 1980. An experimental analysis of prey availability for Sanderlings (Aves: Scolopacidae) feeding on sandy beach crustaceans. Can. J. Zool. 58, 1564–1574.
- Myers, J.P., Morrison, R.I.G., Antas, P.T., Harrinton, B.A., Lovejoy, T.E., Sallabery, M., Senner, S.E., Tarak, A., 1987. Conservation strategy for migratory species. Am. Sci. 75, 19–26.
- Page, G., Whitacre, D.F., 1975. Raptor predation on wintering shorebirds. Condor 77, 73–83.
- Pienkowski, M.W., 1983. Changes in the foraging pattern of plovers in relation to environmental factors. Anim. Behav. 31, 244–264.
- Piersma, T., 1996a. Family Charadriidae (plovers). In: del Hoyo, J., Elliot, A., Sargatal, J. (Eds). Handbook of the Birds of the World, Vol. 3, Hoatzin to Auks, Lynx Editions, Barcelona, Espanha, pp. 384–409.
- Piersma, T., 1996b. Family Scolopacidae (sandpipers, snipes and phalaropes). In: del Hoyo, J., Elliot, A., Sargatal, J. (eds.). Handbook of the Birds of the World, Vol. 3, Hoatzin to Auks. Lynx Editions, Barcelona, Espanha, pp. 444–487.
- Piersma, T., Gill, Jr., R.E., de Goeij, P., Dekinga, A., Shepherd, M.L., Ruthrauff, D., Tibbitts, L., 2006. Shorebird avoidance of nearshore feeding and roosting areas at

- night correlates with presence of a nocturnal avian predator. Wader Study Group Bull. 109, 73–76.
- Pomeroy, A.C., 2006. Tradeoffs between food abundance and predation danger in spatial usage of a stopover site by western sandpipers, *Calidris mauri*. Oikos 112, 629–637.
- R Development Core Team, 2009. R: A language and environment for statistical computing. www.R-project.org.
- Ribeiro, P.D., Iribarne O.O., Navarro, D., Jaureguy, L., 2004. Environmental heterogeneity, spatial segregation of prey, and the utilization of southwest Atlantic mudflats by migratory shorebirds. Ibis 146, 672–682.
- Siegel, S., Castellan Jr., N.J., 1988. Nonparametric statistics for behavioral sciences. 2nd edition. McGraw-Hill Book Company, Singapore.
- van Gils, J.A., Spaans, B., Dekinga, A., Piersma, T., 2006. Foraging in a tidally structured environment by Red Knots (*Calidris canutus*): ideal, but not free. Ecology 87, 1189–1202.
- Whitfield, D.P., 1985. Raptor predation on wintering waders in southeast Scotland. Ibis 127, 544–548.
- Whitfield, D.P., 2003. Redshank *Tringa totanus* flocking behaviour, distance from cover and vulnerability to sparrowhawk *Accipiter nisus* predation. J. Avian Biol. 34, 163–169.
- Yasué, M., 2006. Environmental factors and spatial scale influence shorebirds' responses to human disturbance. Biol. Conserv. 128, 47–54.

Ydenberg, R.C., Butler, R.W., Lank, D.B., Guglielmo, C.G., Lemon, M., Wolf, N.,
2002. Trade-offs, condition dependence and stopover site selection by migrating
sandpipers. *J. Avian Biol.* 33, 47–55.

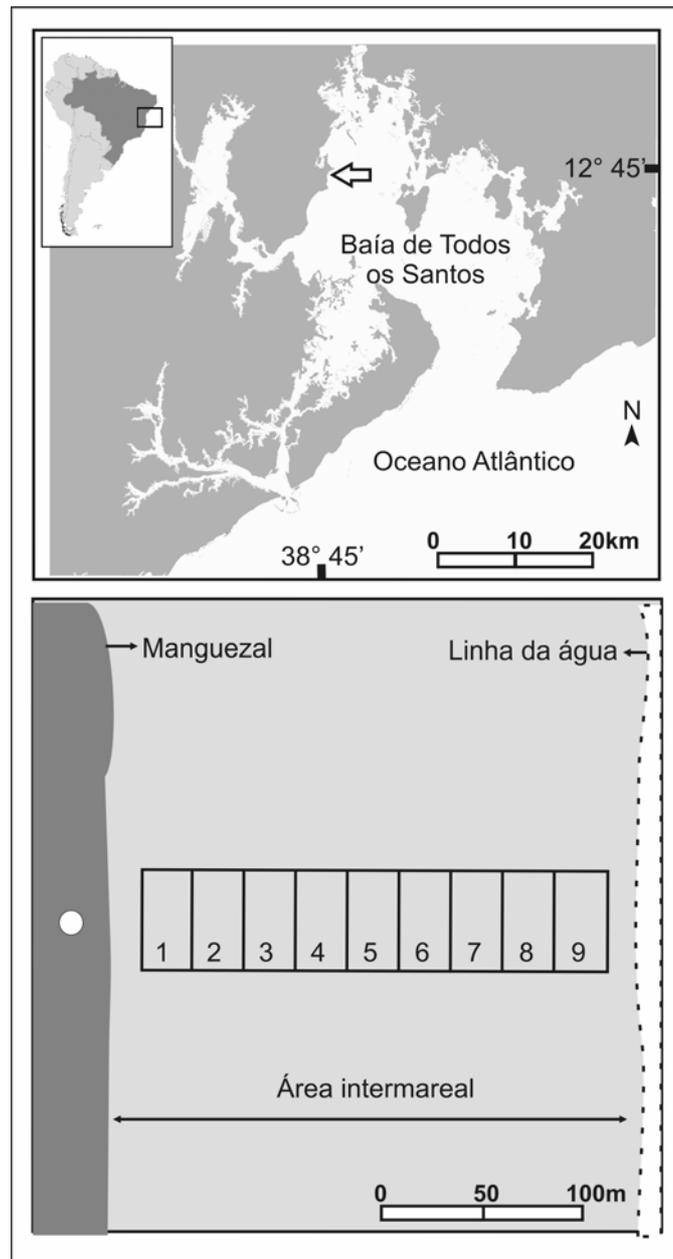


Figura 1. Acima: Baía de Todos os Santos, Bahia, Brasil, América do Sul. A seta indica a localização da área de estudo. Abaixo: diagrama esquematizando a divisão da área intermareal em quadrantes altos (1 a 3), medianos (4 a 6) e baixos (7 a 9), o manguezal e a linha da água (linha da maré) após cruzar os quadrantes. O círculo branco indica a localização da plataforma de observação.

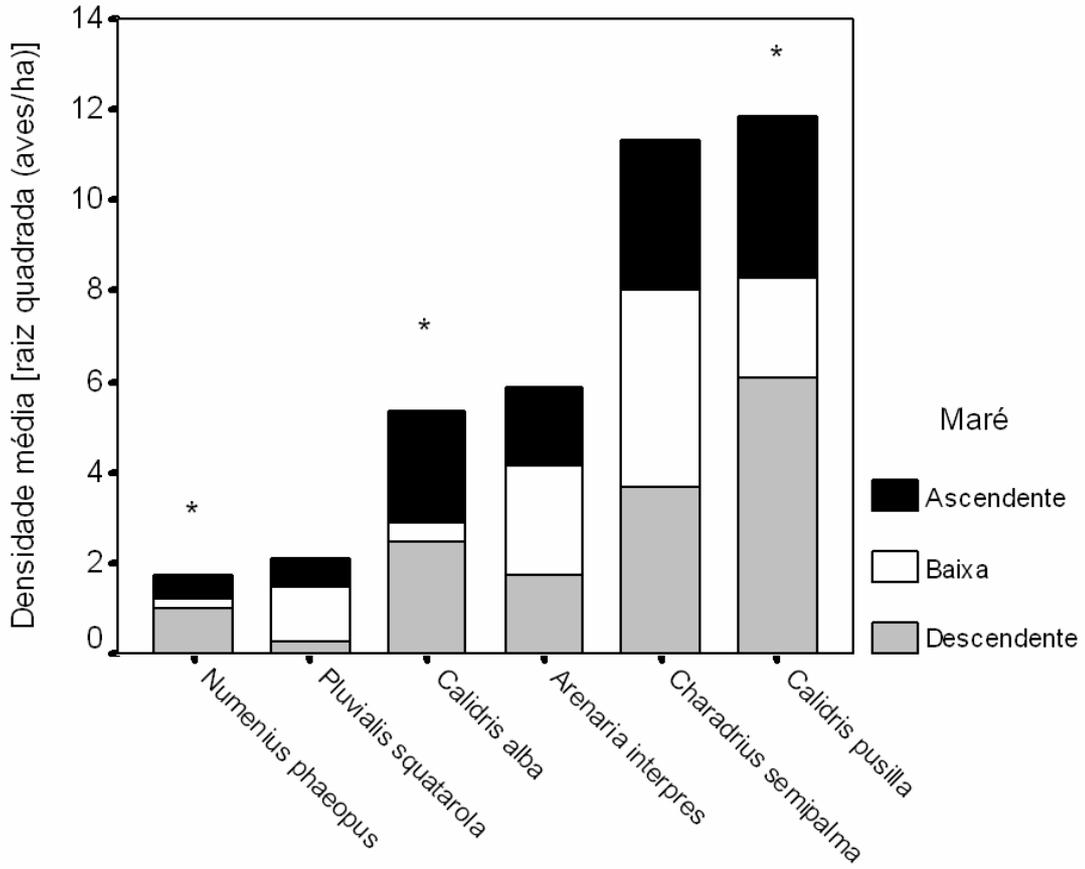


Figura 2. Densidade média de aves (aves/ha) Charadriidae e Scolopacidae durante as marés ascendente, baixa e descendente na Baía de Todos os Santos, Brasil. Asteriscos indicam as espécies ‘seguidoras’ da passagem da linha da maré (detalhes no texto). Charadrius semipalma: *Charadrius semipalmatus*.

Tabela 1. Comparação entre densidades médias (aves/ha) de Charadriidae e Scolopacidae entre os censos realizados em diferentes fases da maré (descendente, baixa e ascendente) em área intermareal da Baía de Todos os Santos, Brasil. Densidades médias são apresentadas em aves/ha \pm desvio-padrão e os valores significativamente diferentes entre as condições da maré são apresentados em negrito (Kruskall-Wallis - KW, seguidos de comparações múltiplas, $p < 0,01$).

Espécies	Maré			KW (gl = 2)
	Descendente (n = 180)	Baixa (n = 120)	Ascendente (n = 180)	
<i>Pluvialis squatarola</i>	0,34 \pm 1,07	1,74 \pm 1,01	0,95 \pm 1,48	134,50
<i>Charadrius semipalmatus</i>	13,70 \pm 10,20	20,38 \pm 11,24	15,90 \pm 11,35	27,06
<i>Arenaria interpres</i>	3,75 \pm 3,46	6,38 \pm 2,19	3,97 \pm 3,42	86,39
<i>Numenius phaeopus</i>	1,31 \pm 0,92	0,25 \pm 0,57	0,59 \pm 0,72	128,50
<i>Calidris alba</i>	7,40 \pm 5,46	0,98 \pm 2,40	8,38 \pm 7,39	143,99
<i>Calidris pusilla</i>	44,56 \pm 30,44	7,25 \pm 7,77	17,69 \pm 15,94	154,98

n: número de censos realizados a cada 20 min durante a maré descendente ou ascendente, e a cada 30 min durante a maré baixa.

Tabela 2. Comparação entre a intensidade do uso (número médio de aves por hora \pm desvio-padrão) de quadrantes altos, medianos e baixos por aves limícolas Charadriidae e Scolopacidae em área intermareal na Baía de Todos os Santos, Brasil, independente do período da maré. Valores significativamente diferentes entre os quadrantes são apresentados em negrito (Friedman test - F_r , seguidos de comparações múltiplas, $p < 0,001$).

Espécies	Quadrantes			F_r (gl = 2)
	Altos (n = 180)	Medianos (n = 180)	Baixos (n = 180)	
<i>Pluvialis squatarola</i>	0,99 \pm 1,05	1,02 \pm 1,10	0,51 \pm 1,26	56,68
<i>Charadrius semipalmatus</i>	18,07 \pm 11,20	16,13 \pm 13,50	8,44 \pm 10,78	54,43
<i>Arenaria interpres</i>	4,24 \pm 2,44	4,92 \pm 5,12	2,02 \pm 2,70	54,74
<i>Numenius phaeopus</i>	1,19 \pm 1,32	0,59 \pm 0,77	0,31 \pm 0,60	66,87
<i>Calidris alba</i>	3,45 \pm 4,77	6,59 \pm 10,74	5,35 \pm 10,00	2,02
<i>Calidris pusilla</i>	16,48 \pm 22,20	32,61 \pm 43,19	16,65 \pm 28,95	25,29

Capítulo IV

Respostas comportamentais de aves limícolas à presença humana:
evidência de uma relação comensal com coletores tradicionais de mariscos
no nordeste do Brasil

Respostas comportamentais de aves limícolas à presença humana: evidência de uma relação comensal com coletores tradicionais de mariscos no nordeste do Brasil

Resumo

A atividade antrópica é considerada uma ameaça potencial a muitas espécies animais, principalmente por interferir nas habilidades de exploração de recursos essenciais à sobrevivência e reprodução destas espécies. Neste estudo investigou-se uma área intermareal na Baía de Todos os Santos, Brasil, utilizada por aves limícolas e por uma comunidade tradicional humana para extração de invertebrados para alimentação. Utilizando uma abordagem temporal, o comportamento de nove espécies de aves limícolas em forrageio foi analisado em três diferentes condições: (i) ausência de humanos, (ii) presença de humanos em coleta manual de mariscos e (iii) humanos em atividade recreativa. A atividade de coleta de mariscos representou menor grau de ameaça às aves limícolas do que a atividade recreativa. Aves limícolas se mantiveram em menor abundância, apresentaram menores taxas de forrageamento e se deslocaram mais quando expostas à condição de atividade recreativa humana. As espécies de aves limícolas de maior porte (>21 cm) evitaram a área intermareal na presença de humanos, independente do tipo de atividade. As áreas de sedimento revolvido manualmente por coletores de mariscos foram intensamente utilizadas para forrageio por aves limícolas, sugerindo uma relação comensal entre estas e os coletores de mariscos. Os resultados serão discutidos levando-se em consideração aspectos conservacionistas.

Palavras chave: Charadriidae, conservação, efeito antrópico, interações ecológicas, Scolopacidae.

1. Introdução

A atividade antrópica é considerada uma ameaça potencial a muitas espécies animais, principalmente por interferir nas habilidades de exploração de recursos essenciais à sobrevivência e reprodução destas espécies. Isso pode ocorrer tanto pela mudança na qualidade do ambiente (e.g., redução de alimento devido à atividade antrópica), como pela restrição direta no acesso aos recursos (e.g., fuga ou evitação da área de alimentação na presença humana) (Gill, 2007). De uma perspectiva evolutiva, animais *a priori* detectam humanos como predadores, e as respostas comportamentais, ante atividades humanas (distúrbios), podem ser interpretadas como estratégias antipredatórias (Frid e Dill, 2002). Mesmo que distúrbios ocasionados por atividades antrópicas não sejam letais, estes podem promover a redução do sucesso adaptativo dos indivíduos (*fitness*), através da redução da alimentação, reprodução e/ou cuidado parental (Gill et al., 2001; Frid e Dill, 2002; Cresswell, 2008).

A resposta comportamental de animais à presença humana poderá ser influenciada por vários fatores como: (i) qualidade do local que está sendo atualmente ocupado, (ii) disponibilidade, distância e qualidade de outros locais disponíveis, (iii) risco de predação relativo à determinada atividade antrópica (Gill et al., 2001; Frid e Dill, 2002) e (iv) estado fisiológico dos animais (Beale e Monaghan, 2004; Yasué, 2006). Uma espécie que possui outros locais e recursos disponíveis próximos pode evitar um distúrbio simplesmente se deslocando para outro local de igual ou melhor qualidade. Por outro lado, animais que não possuem outros habitats de qualidade adequada disponíveis são forçados a permanecer neste local, a despeito de distúrbios e independente de uma possível redução no sucesso adaptativo. Assim, a resposta comportamental à presença de humanos pode variar temporalmente e entre localidades, dependendo das condições locais prevaletentes, e isso deve ser levado em consideração

na determinação de diretrizes de manejo e conservação das espécies (Gill et al., 2001; Gill, 2007).

Muitas aves limícolas Charadriidae e Scolopacidae realizam amplas migrações entre áreas reprodutivas no Ártico e de invernagem, em zonas temperadas e tropicais (Morrison, 1984; Morrison e Ross, 1989). Enquanto no período reprodutivo os indivíduos se distribuem homoganeamente, no período migratório e de invernagem agregam-se em locais restritos e específicos. Isso gera um grande desafio para a conservação de muitas destas espécies, pois populações inteiras podem tornar-se vulneráveis quando a qualidade de um destes locais restritos, utilizados durante o período não-reprodutivo, é comprometida (Myers et al., 1987).

Regiões costeiras com amplas áreas intermareais estão entre os principais locais de parada temporária durante a migração (*stopovers*) e a invernagem de muitas populações de aves limícolas no mundo. Estas aves permanecem grande parte de suas vidas nestes ambientes, alimentando-se de invertebrados nos sedimentos – recurso essencial para a sua sobrevivência durante estes períodos, e para a continuidade de seus ciclos anuais (Evans, 1976; Morrison, 1984; Piersma, 1996).

Muitas áreas intermareais utilizadas por aves limícolas durante migração e invernagem são também utilizadas por humanos (e.g., Bildstein et al., 1991; Boer e Longamane, 1996; Hill et al., 1997; Dias et al., 2008). A presença de pessoas nessas áreas pode promover algum grau de distúrbio nas aves em forrageio, gerando custos para o sucesso adaptativo dos indivíduos (Hill et al., 1997; Lafferty, 2001; Gill et al., 2001). Muitas populações de aves limícolas migratórias estão ameaçadas (International Wader Study Group, 2003), e estão particularmente vulneráveis à presença humana em habitats costeiros durante o período migratório e de invernagem (Myers et al., 1987; Bildstein et al., 1991). A completa extensão e magnitude de distúrbios antrópicos em

aves limícolas, ao longo de suas rotas migratórias, requer estudos em uma escala local, em sítios reconhecidos como importantes para as populações (Myers et al., 1987; Hill et al., 1997; Burton, 2007). Nesta perspectiva, é necessário investigar como a distribuição e o comportamento de aves dentro de um determinado local são afetados pelas diferentes atividades humanas (Hill et al., 1991; Burton, 2007; Gill, 2007).

Muitas áreas costeiras com amplas áreas intermareais, reconhecidamente importantes para aves limícolas, são utilizadas por humanos para a coleta manual de invertebrados (e.g., Boer e Longamane, 1996; Stillman et al., 2001; Goss-Custard et al., 2004; Navedo e Masero, 2007; Dias et al., 2008). Esta atividade vem sendo praticada a mais de 10 mil anos por comunidades humanas, gerando recursos importantes como fonte de energia, proteínas e minerais (Parkington, 2003; Erlandson et al., 2008). A coleta manual de invertebrados, atualmente, é uma importante atividade econômica em muitas áreas intermareais. Entretanto, a presença de pessoas exercendo essa atividade em área intermareal pode promover distúrbios às aves em alimentação, reduzindo a qualidade de seus habitats essenciais (Goss-Custard et al., 2004; Navedo e Masero, 2007; Dias et al., 2008). Além disso, a ação de revolver o sedimento durante a extração de mariscos pode reduzir a eficiência de forrageamento das aves (Shepherd e Boates, 1999) e a disponibilidade de invertebrados (Ferns et al., 2000; Dias et al., 2008; Masero et al., 2008). Esses potenciais impactos da atividade de coleta de mariscos têm gerado conflitos de interesse econômico-social e conservacionista. Desta forma, a regulação de práticas de coleta de invertebrados, compatível com a conservação de aves limícolas migratórias, é um dos desafios no manejo de áreas costeiras no mundo (Goss-Custard et al., 2004; Navedo e Masero, 2007; Dias et al., 2008).

A Baía de Todos os Santos (BTS), Bahia, Brasil, é uma relevante área de invernagem e de parada temporária para aves Charadriidae e Scolopacidae neárticas na

América do Sul (Antas, 1983; Morrison e Ross, 1989), e também área de reprodução de *Charadrius wilsonia* (obs. pess.). A coleta de invertebrados marinhos é freqüente em áreas intermareais nesta baía, onde também ocorrem atividades recreativas. Os invertebrados, coletados manualmente durante a maré baixa, são principalmente moluscos bivalves e crustáceos (siris e caranguejos). Esta atividade é exercida a mais de 500 anos por comunidades tradicionais costeiras nesta região da Bahia (Sousa, 1851), e atualmente é uma atividade regulamentada e incentivada por ações governamentais (ver <<http://www.bahiapesca.ba.gov.br>>). Entretanto, não se sabe se a presença humana, em áreas intermareais, promove distúrbios às aves em alimentação, e se uma determinada atividade humana pode promover mais impacto que outra.

Neste estudo investigou-se uma área intermareal utilizada por aves limícolas e por uma comunidade tradicional na costa oeste da BTS, onde ambos utilizam os invertebrados no sedimento como fonte alimentar. Utilizou-se uma abordagem temporal, comparando o comportamento das aves em forrageio em três condições: (i) ausência de humanos; (ii) presença de humanos em coleta de mariscos; e (iii) presença de humanos em atividade recreativa. Especificamente, as seguintes predições foram testadas: (1) aves limícolas apresentam resposta comportamental similar, tanto na presença de humanos em atividade de coleta de mariscos, como em atividade recreativa; (2) a eficiência de forrageamento das aves é menor na presença humana, independente da atividade exercida (coleta de mariscos ou recreação); e (3) aves limícolas em forrageio usam, com a mesma intensidade, áreas intermareais com sedimento não-revolvido e revolvido por coletores de mariscos.

2. Métodos

2.1. Área de estudo

Este estudo foi conduzido na margem oeste da Baía de Todos os Santos (BTS), Bahia, nordeste do Brasil (12°44'S, 38°44'O). A BTS é a segunda maior baía brasileira, cobrindo uma área máxima de 1223 km². Áreas intermareais no seu interior cobrem aproximadamente 210 km² durante a maré baixa e são compostas principalmente por sedimentos areno-argilosos, muitas vezes associados à manguezais (Cirano e Lessa, 2007). Esta região está designada desde 1999 como área de proteção ambiental, tendo como um dos principais objetivos a preservação dos manguezais e a fauna associada, em especial a avifauna migratória (Decreto Estadual nº 7.595, Bahia, Brasil).

A área de estudo compreendeu uma porção intermareal de aproximadamente 3,5 ha, demarcada de maneira semipermanente, com auxílio de estacas de madeira e GPS. Esta área é adjacente a um manguezal e a uma praia arenosa, sendo utilizada por uma comunidade tradicional para a coleta manual de mariscos (Fig. 1A) e para a recreação. O principal bivalve extraído é o *Anomalocardia brasiliiana* (Gmelin 1791) – uma das espécies mais abundantes na costa brasileira (Amaral et al., 2006). A coleta de mariscos ocorre principalmente durante os dias de semana, enquanto a atividade recreativa ocorre nos finais de semana e feriados. Este bivalve é coletado manualmente, por meio da remoção da camada superficial do sedimento (~ 1–2 cm), com auxílio de uma pequena espátula de metal. As porções de sedimento revolvidas são irregulares no formato e variam amplamente em dimensão (Fig. 1B - D). A coleta de mariscos é geralmente feita por mulheres solitárias ou em pequenos grupos. As atividades de recreação são essencialmente esportes ou banho.

2.2. Censo de aves e amostragem comportamental

Os censos das aves e a amostragem comportamental foram realizados entre novembro de 2007 e março de 2008 e entre novembro de 2008 e março de 2009,

durante maré baixa, sob condições ambientais semelhantes (ausência de precipitação, velocidade do vento entre 1 e 3 na escala Beaufort e entre 9:00 – 15:00 h). As aves foram observadas e registradas a partir de um ponto fixo no manguezal, com auxílio de um binóculo 10 x 50 mm. As espécies de aves registradas nos censos foram: *Pluvialis squatarola*, *Charadrius semipalmatus*, *C. collaris* e *C. wilsonia* (Charadriidae) e *Numenius phaeopus*, *Tringa semipalmata*, *Arenaria interpres*, *Calidris alba* e *C. pusilla* (Scolopacidae). Os dados obtidos em cada dia de amostragem, para cada uma destas espécies, foram estratificados em três condições: (i) ausência de atividade: quando não foi registrada a presença de humanos utilizando a área intermareal; (ii) recreação: uso exclusivo da área intermareal por pessoas em atividade recreativa; e (iii) coleta de mariscos: uso exclusivo da área intermareal por marisqueiros (pessoas em coleta manual de moluscos bivalves no sedimento). Dados coletados na presença de ambas as atividades (recreação e coleta de mariscos) não foram utilizados nas análises. Em cada dia de amostragem, realizou-se censos de aves e de pessoas no exato horário da maré baixa, utilizando previsões do Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC, para o Porto de Madre de Deus, BTS (disponíveis em: <<http://www.cptec.inpe.com>>). Com o intuito de comparar a taxa de movimentação de pessoas (TM_{ov}), estimada em nº de passos a cada 2 min, durante as duas condições de atividade humana, realizou-se também amostragens focais de pessoas, com duração de 2 min, durante a maré baixa, ao longo do período de estudo.

2.3. Experimento 1: Resposta comportamental a diferentes condições antrópicas

Para mensurar a resposta comportamental das aves limícolas a diferentes condições antrópicas, realizou-se um experimento padronizado de aproximação a bandos mistos de *C. semipalmatus* e *C. pusilla* em forrageio. Bandos mistos contendo

apenas estas duas espécies foram escolhidos por ser um tipo de agregação freqüentemente observado durante as três condições investigadas neste estudo: ausência de pessoas, pessoas em atividade recreativa ou em coleta de mariscos. Um bando foi definido aqui como um agrupamento de indivíduos próximos uns dos outros em até aproximadamente 20 m. Com o intuito de padronizar as amostragens, apenas bandos de 10 a 20 indivíduos foram selecionados para o experimento. O experimento consistiu na aproximação de um único observador, através de caminhada constante (0,5–1 passos/s) em direção perpendicular ao bando (Blumstein et al., 2003). Duas variáveis foram registradas: (1) distância de aproximação que causou deslocamento, corrida ou vôo, de pelo menos 90% dos indivíduos do bando (*flush distance*); e a extensão do deslocamento ocasionado pelo distúrbio, do ponto inicial até o primeiro local onde pelo menos 90% dos indivíduos do bando pararam de se movimentar (*flight distance*) (ver Beale e Monaghan, 2004; Yasué, 2006). Este experimento foi realizado apenas uma vez em cada dia de amostragem. Nos dias de ausência de pessoas em área intermareal, o experimento ocorreu após os censos de aves terem sido conduzidos.

2.4. Experimento 2: Taxas de forrageamento em diferentes condições antrópicas

Foram realizadas amostragens focais, com duração de 2 min, em bandos mistos de *C. semipalmatus* e *C. pusilla* em forrageio, nas três condições: ausência de pessoas, atividade recreativa e coleta de mariscos. As amostragens realizadas durante a condição de coleta de mariscos foram estratificadas em duas categorias: (i) forrageamento em substrato revolvido por marisqueiros e (ii) forrageamento em substrato não-revolvido (controle). Para *C. semipalmatus* foram mensurados o número de bicadas no sedimento e o número de presas ingeridas. Já para *C. pusilla* registrou-se apenas o número de bicadas no sedimento, uma vez que não foi possível contar com exatidão o número de

presas ingeridas por indivíduos desta espécie. Estes registros foram expressos como taxas ($N_{\text{bicadas}} = n^{\circ} \text{ bicadas}/2 \text{ min}$; $N_{\text{presas}} = n^{\circ} \text{ presas ingeridas}/2 \text{ min}$).

2.5. Experimento 3: Uso de área intermareal por aves na presença de marisqueiros

Durante a condição de coleta de mariscos, foram registrados número de marcas de bicadas, pegadas e número de fezes, tanto em áreas com sedimento revolvido por marisqueiros, como em áreas com sedimento não-revolvido. Estes registros ocorreram ~1 h após o horário da maré baixa, quando os marisqueiros já haviam revolvido porções do sedimento na área de estudo e as aves já tinham utilizado a área após atividade dos marisqueiros. Esses registros foram utilizados como estimativa da intensidade de uso da área por aves limícolas em forrageamento (e.g., Ferns et al., 2000; Pomeroy et al., 2006; Robar e Hamilton, 2007). Para isso, demarcou-se uma parcela retangular subdividida em subparcelas (50 x 50 cm), delimitando cada região da área intermareal revolvida por marisqueiros. Esta mesma demarcação foi realizada em área adjacente a parcela em sedimento não-revolvido, como área controle para comparação (Fig. 2A). As demarcações foram realizadas com auxílio de estacas de madeira, barbante, bússola e trena. A densidade (n° de registros/ m^2) foi estimada registrando-se o número de marcas de bicadas, pegadas e número de fezes de aves no sedimento para cada uma das parcelas. Marcas de bicadas e pegadas sobrepostas foram consideradas como sendo um único registro.

Adicionalmente, em algumas áreas recém-revolvidas por marisqueiros foram demarcadas parcelas de 25 m^2 (5 x 5 m) onde foram realizadas amostragens focais com duração de 10 min. Em cada amostragem registrou-se o número de aves/espécie que entraram na parcela (n° de visitas) e o número de encontros agonísticos entre aves durante a amostragem. A aproximadamente 10 m de cada parcela, demarcou-se uma

área controle de mesma dimensão em sedimento não-revolvido, e utilizou-se a mesma metodologia de amostragem descrita acima (Fig. 2B). As amostragens nas duas áreas seguiram sempre a seqüência de sedimento não-revolvido (controle), logo após a amostragem em sedimento revolvido por marisqueiros.

2.6. Análises Estatísticas

Como os dados não apresentaram normalidade e homogeneidade de variância, análises não-paramétricas foram utilizadas neste estudo. Os dados de censos e do experimento de distúrbio (Experimento 1), obtidos nas condições de atividade recreativa e de coleta de mariscos, foram comparados com os dados controle através do teste de Mann-Whitney (*U*-test), bem como as taxas de forrageamento obtidas em condições de atividade recreativa e de coleta de mariscos, em áreas de sedimento revolvido e não-revolvido (Experimento 2).

O teste de Wilcoxon (signed-rank test) foi utilizado para comparações entre intensidade de uso da área intermareal, entre parcelas de sedimento revolvido e não-revolvido por marisqueiros, durante a condição de coleta de mariscos (Experimento 3). As análises foram realizadas em software SPSS versão 11.50 (SPSS Inc., Chicago, USA). Valores médios são apresentados com seus respectivos desvios-padrão. O nível de significância $\alpha < 0,05$ (teste bilateral) foi utilizado para todas as análises estatísticas.

3. Resultados

3.1. Atividade antrópica e número de aves limícolas em forrageamento

A presença de marisqueiros não afetou o uso da área intermareal para forrageamento em *C. semipalmatus* (Mann-Whitney test: $U = 935,5$; $p = 0,26$), *C. collaris* ($U = 915,5$; $p = 0,20$), *C. wilsonia* ($U = 914$; $p = 0,19$), *C. alba* ($U = 880,5$; $p =$

0,13) e *C. pusilla* ($U = 904,5$; $p = 0,10$) (todos: $n_{\text{controle}} = 31$; $n_{\text{marisqueiros}} = 70$). Entretanto, quatro espécies foram afetadas negativamente: *A. interpres* ($U = 816,5$; $p = 0,04$), *P. squatarola* ($U = 813$; $p = 0,04$), *N. phaeopus* ($U = 746,6$; $p = 0,008$) e *T. semipalmata* ($U = 616$; $p < 0,001$) (todos: $n_{\text{controle}} = 31$; $n_{\text{marisqueiros}} = 70$; Fig. 3).

A presença de pessoas em atividade recreativa afetou negativamente o uso da área intermareal para a maioria das espécies investigadas (*C. collaris*: $U = 487,5$; *C. wilsonia*: $U = 546$; *C. alba*: $U = 293,5$; *C. pusilla*: $U = 49$; *A. interpres*: $U = 531,5$; *P. squatarola* $U = 292,5$; *N. phaeopus*: $U = 282$; *T. semipalmata*: $U = 411$; todos: $n_{\text{controle}} = 31$; $n_{\text{recreação}} = 60$; $p < 0,001$), com exceção de *C. semipalmatus* ($U = 718,5$; $p = 0,08$) (Fig. 3).

O número médio de pessoas que utilizaram a área intermareal em dias de atividade recreativa ($x = 7,48 \pm 5,76$; $n = 60$) foi estatisticamente similar ao registrado em dias de coleta de mariscos ($x = 5,34 \pm 4,24$; $n = 70$; $U = 116,5$; $p = 0,45$). Por outro lado, pessoas em recreação se movimentaram mais do que marisqueiros (atividade de recreação: $TM_{\text{ov}} = 27,3 \pm 25,5$; coleta de mariscos: $TM_{\text{ov}} = 7,9 \pm 12,7$; ambos $n = 100$; $U = 2494,5$; $p < 0,001$).

3.2. Experimento 1: Resposta comportamental a diferentes condições antrópicas

Bandos mistos de *C. pusilla* e *C. semipalmatus* responderam ao experimento padronizado de distúrbio de forma diferente nas três condições avaliadas (ausência de pessoas, atividade recreativa e coleta de mariscos). A *flush distance* não diferiu entre as condições ausência de pessoas e atividade recreativa ($U = 716$; $n_{\text{ausência}} = 31$; $n_{\text{recreação}} = 53$; $p = 0,33$). Entretanto, a *flight distance* foi maior na condição de atividade recreativa do que na ausência de pessoas ($U = 403,5$; $n_{\text{ausência}} = 31$; $n_{\text{recreação}} = 53$; $p < 0,001$). Um padrão inverso foi observado na condição de coleta de mariscos: a *flush distance* foi

menor ($U = 478$; $n_{\text{ausência}} = 31$; $n_{\text{marisqueiros}} = 70$; $p < 0,001$) e a *flight distance* foi semelhante à condição controle ($U = 862,5$; $n_{\text{ausência}} = 31$; $n_{\text{marisqueiros}} = 70$; $p = 0,101$; Fig. 4).

3.3. Experimento 2: Taxas de forrageamento em diferentes condições antrópicas

Comparado a condição controle (ausência de atividade antrópica), a taxa de forrageamento (N_{bicadas}) em *C. pusilla* foi menor nas condições de recreação e de coleta de mariscos em sedimento não-revolvido, e maior em sedimento revolvido por marisqueiros ($P < 0,001$; ver Fig. 5). As taxas de forrageamento (N_{bicadas}) e de ingestão (N_{presas}) em *C. semipalmatus* foram menores na condição de atividade recreativa e maiores na condição de coleta de mariscos, em sedimento revolvido por marisqueiros ($P < 0,001$; ver Fig. 6). Por outro lado, em sedimento não-revolvido, as taxas de forrageamento e de ingestão foram estatisticamente similares às obtidas na ausência de pessoas para *C. semipalmatus* ($P \geq 0,05$; ver Fig. 6).

3.4. Experimento 3: Uso de área intermareal por aves na presença de marisqueiros

As parcelas contendo sedimento revolvido por marisqueiros apresentaram maiores densidades de marcas de bicadas, pegadas e maior número de fezes, do que as parcelas adjacentes, em sedimento não-revolvido ($P < 0,001$; ver Tabela 1). *Charadrius semipalmatus*, *A. interpres*, *C. pusilla* e *C. alba* realizaram mais visitas em parcelas de sedimento revolvido, do que em parcelas de sedimento não-revolvido ($P < 0,01$; ver Tabela 2). Contudo, para a espécie *C. wilsonia* e *C. collaris*, não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas no número de visitas entre parcelas de sedimento revolvido e não-revolvido ($P \geq 0,05$; ver Tabela 2).

O número de encontros agonísticos entre aves foi maior em parcelas com sedimento revolvido ($x = 7 \pm 4$, $n = 20$), do que em parcelas com sedimento não-revolvido ($x = 1,8 \pm 1,2$, $n = 20$; Wilcoxon test: $Z = -3,934$, $p < 0,001$).

4. Discussão

Neste estudo são apresentados dados sobre respostas comportamentais de aves limícolas a atividades de uma comunidade tradicional em área intermareal na BTS, onde invertebrados são extraídos do sedimento por aves e humanos.

De acordo com a primeira predição, era esperado que aves limícolas respondessem a marisqueiros da mesma forma que à atividade recreativa. Respostas comportamentais a distúrbios humanos podem ser consideradas espécie-específicas, sem relações evidentes com número ou tipo de atividade antrópica (Blumstein et al., 2003). Entretanto, a atividade recreativa influenciou negativamente a permanência de oito das nove espécies estudadas em área intermareal, enquanto a atividade de coleta de marisco influenciou negativamente apenas quatro das nove espécies de aves limícolas investigadas. Como o número de pessoas na condição de coleta de marisco foi estatisticamente semelhante ao registrado durante a atividade recreativa, sugere-se que algumas espécies de aves detectam a atividade recreativa como uma ameaça maior, quando comparada a atividade de coleta de mariscos. Ainda, como marisqueiros se movimentaram menos intensamente do que pessoas em recreação, a diferença de velocidade de pessoas entre estas duas atividades pode ser uma explicação para este resultado. Burger (1998) relatou que um maior número de *Sterna hirundo* deixou o seu ninho quando barcos motorizados (*personal watercrafts*) se aproximaram com maior velocidade de uma colônia reprodutiva. De fato, a intensa movimentação de pessoas pode representar maior ameaça aos animais do que pessoas em deslocamentos menos

intensos. Contudo, esta ameaça não vale para todas as espécies (revisão em Ydenberg e Dill, 1986; Frid e Dill, 2002). Por exemplo, Lafferty (2001) encontrou que a atividade humana de corrida causou menos distúrbio a *Charadrius alexandrinus nivosus* do que a atividade de caminhada.

Aves limícolas de maior porte na BTS (tamanho corpóreo > 21 cm; dados de tamanho corpóreo obtidos em del Hoyo et al., 1996) foram menos abundantes em ambas as condições, coleta de mariscos e atividade recreativa. Outros estudos também apontaram que espécies de aves limícolas de maior porte tendem a ser mais sensíveis à presença humana do que espécies de menor porte (e.g., Burton et al., 2002; Dias et al., 2008). Além disso, é preciso considerar que a área demarcada para este estudo é uma das mais utilizadas pela comunidade humana local, devido à proximidade e a facilidade de acesso.

De acordo com a segunda predição, era esperado que a eficiência de forrageamento fosse menor na presença humana, independente do tipo de atividade (coleta de mariscos ou recreação). Aves limícolas *a priori* detectam humanos como predadores (Frid e Dill, 2002), e o investimento em respostas comportamentais antipredatórias, frente à presença humana, pode reduzir as taxas de forrageamento destes animais (Gill et al., 2001; Frid e Dill, 2002; Cresswell, 2008). As taxas de forrageamento (N_{bicadas}) em *C. pusilla* e *C. semipalmatus*, bem como as taxas de ingestão (N_{presas}) em *C. semipalmatus* em sedimento revolvido, foram menores na presença de atividade recreativa e maiores na presença de marisqueiros. Estes resultados sugerem que marisqueiros, *a priori*, não reduzem o sucesso de forrageamento de indivíduos destas duas espécies durante invernagem na BTS e não alteram a sobrevivência e o acúmulo de energia necessários para o próximo período migratório.

Contudo, um padrão oposto foi verificado na condição de atividade recreativa. Portanto, a segunda predição foi apenas confirmada para a condição de humanos em recreação.

De acordo com a terceira predição, era esperado que aves limícolas em forrageio usassem, com a mesma intensidade, áreas intermareais com sedimento não-revolvido e revolvido por marisqueiros (ver Shepherd e Boates, 1999). Aves limícolas Charadriidae e Scolopacidae buscam suas presas por meio de pistas visuais e táteis, selecionando locais para forrageio, baseado principalmente no tipo e permeabilidade do sedimento e na disponibilidade de suas principais presas (Myers et al., 1980; Pienkowski, 1983; Hicklin e Smith, 1984; Kalejta e Hockey, 1994; Granadeiro et al., 2007). Quando os primeiros centímetros do sedimento da área intermareal são revolvidos, pode ocorrer uma redução imediata do número de invertebrados (Shepherd e Boates, 1999; Ferns et al., 2000; Kaiser et al., 2001; Dias et al., 2008; Masero et al., 2008). Além disso, quando a camada superficial do sedimento é revolvida, pistas visuais e táteis das presas podem ser comprometidas (Shepherd e Boates, 1999). Entretanto, neste estudo, quando áreas de sedimento revolvido por marisqueiros foram comparadas com áreas de sedimento não-revolvido, foram encontradas maiores intensidades de uso por aves limícolas em áreas de sedimento revolvido. Ainda, maiores taxas de forrageamento em *C. semipalmatus* e *C. pusilla* também foram registradas em área de sedimento revolvido. Estes resultados podem representar evidências de uma relação comensal entre marisqueiros e aves limícolas, com esta última se beneficiando da atividade de coleta de mariscos. Navedo e Masero (2008) relataram que a ação de revolver o sedimento por marisqueiros não afetou o sucesso de forrageamento da ave limícola *Numenius arquata* em área de internagem no norte da Espanha. Uma possível explicação seria que a principal presa consumida por esta ave, o caranguejo *Carcinus maenas*, teve sua atividade aumentada após o sedimento ter sido revolvido, tornando-se mais susceptível

à captura por *N. arquata*. Outras espécies de invertebrados podem aumentar sua atividade (e.g., reconstrução de galerias subterrâneas) após a remoção da camada superficial do sedimento em área intermareal (revisão em Navedo e Masero, 2008). Boer e Longamane (1996) também sugeriram que o sedimento intermareal revolvido por atividade antrópica poderia aumentar a disponibilidade de presas para aves limícolas, embora não tenham encontrado uma relação positiva entre aves e humanos. Ferns e colaboradores (2000) relataram que, após o sedimento de área intermareal ter sido revolvido por tratores (extração mecânica de mariscos), houve um grande aumento no número de aves limícolas em alimentação, supostamente forrageando invertebrados em galerias subterrâneas. Portanto, pode-se concluir que após marisqueiros revolverem o sedimento na BTS, alguns invertebrados aumentaram sua atividade ou tornaram-se disponíveis, levando as aves limícolas a intensificarem sua atividade em sedimento revolvido, para maximização de suas oportunidades de alimentação.

Foi encontrado que bandos mistos de *C. pusilla* e *C. semipalmatus* foram mais relutantes em iniciar deslocamento após um estímulo padronizado de aproximação, na presença de marisqueiros. Adicionalmente, a extensão de deslocamento dos bandos após o estímulo (*flight distance*) foi maior na presença de atividade recreativa. Estes resultados são mais uma evidência de que aves limícolas respondem de forma distinta à marisqueiros e à atividade recreativa. Além disso, os resultados permitem inferir que estas espécies limícolas toleram maior aproximação de pessoas durante a coleta de mariscos porque percebem que esta condição apresenta, pelo menos temporariamente, uma qualidade maior para forrageamento (em sedimento revolvido), do que outros locais próximos disponíveis.

Atualmente, a costa oeste da BTS enfrenta um aumento crescente e desordenado das atividades turísticas com fins recreativos em área intermareal, principalmente no

período de invernagem e, portanto, de maior abundância de aves limícolas (outubro – março). Foram apresentados aqui indicadores de que a atividade recreativa é prejudicial às aves limícolas Charadriidae e Scolopacidae, em termos de sucesso de forrageamento. Estes indicadores devem ser levados em consideração para propósitos de manejo e conservação de áreas intermareais da BTS. Por outro lado, a influência da atividade de coleta de mariscos deve ser utilizada com muita cautela em decisões de manejo. Embora esta atividade seja uma evidência, *a priori*, de relação comensal entre marisqueiros e algumas aves limícolas, ainda são necessários, por exemplo, estudos sobre obtenção de energia durante forrageamento, em áreas de sedimento revolvido e não-revolvido por marisqueiros. Faz-se necessário também a investigação da densidade máxima de marisqueiros em área intermareal suportada pelas aves limícolas, sem promoção de distúrbios no forrageamento. Um aumento no número de marisqueiros em área intermareal na BTS pode comprometer a alimentação adequada e a sobrevivência de um grande número de aves limícolas que habitam esta baía durante invernagem, principalmente as espécies de maior porte. Assim, sugere-se a criação de amplas zonas exclusivas para forrageio e descanso de aves limícolas e para coleta de invertebrados pela comunidade humana tradicional – onde sejam ativamente encorajados à educação e ao respeito dos limites de acesso público (Gill, 2007) e de coleta dos invertebrados (e.g. Reserva Extrativista: ver SNUC - Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza, 2003). Esta pode ser uma importante medida para compatibilizar a conservação das aves limícolas e a subsistência da comunidade tradicional na costa oeste desta baía tropical.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Processo: 141831/2007–3) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Processo: BEX4672–08–9), pela bolsa de doutorado concedida a V.O. Lunardi. Agradecemos o Programa de Pós-Graduação em Ecologia/Universidade de Brasília pelo apoio logístico. Agradecimentos especiais à Marini, M.A., Rodrigues, M., Machado, R.B., Cariello, M.O., Hay, J.D.V. e Lunardi, D.G. pelas construtivas discussões e revisão do manuscrito.

5. Referências

- Amaral, A.C.Z., Rizzo, A.E., Arruda, E.P., 2006. Manual de identificação dos invertebrados marinhos da região sudeste-sul do Brasil, vol. 1. Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Antas, P.T.Z., 1983. Migration of Nearctic shorebirds (Charadriidae and Scolopacidae) in Brasil – flyways and their different seasonal use. Wader Study Group Bulletin 39, 52–56.
- Beale, C.M., Monaghan, P., 2004. Behavioural responses to human disturbance: a matter of choice? *Animal Behaviour* 68, 1065–1069.
- Bildstein, K.L., Bancroft, G.T., Dugan, P.J., Gordon, D.H., Erwin, R.M., Nol, E., Payne, L.X., Senner S.E., 1991. Approaches to the conservation of coastal wetlands in the Western Hemisphere. *Wilson Bulletin* 103, 218–254.
- Blumstein, D.T., Anthony, L.L., Harcourt, R.G., Ross, G., 2003. Testing a key assumption of wildlife buffer zones: is flight initiation distance a species-specific trait? *Biological Conservation* 110, 97–100.

- Boer, W.F., Longamane, F.A., 1996. The exploitation of intertidal food resources in Inhaca bay, Mozambique, by shorebirds and humans. *Biological Conservation* 78, 295–303.
- Burger, J., 1998. Effects of motorboats and personal watercraft on flight behaviour over a colony of common terns. *Condor* 100, 528–534.
- Burton, N.H.K., 2007. Landscape approaches to studying the effects of disturbance on waterbirds. *Ibis* 149, 95–101.
- Burton, N.H.K., Armitage, M.J.S., Musgrove, A.J., Rehfisch, M.M., 2002. Impacts of man-made landscape features on numbers of estuarine waterbirds at low tide. *Environmental Management* 30, 857–864.
- Cirano, M., Lessa, G.C., 2007. Oceanographic characteristics of Baía de Todos os Santos, Brazil. *Revista Brasileira de Geofísica* 25, 363–387.
- Cresswell, W., 2008. Non-lethal effects of predation in birds. *Ibis* 150, 1–17.
- del Hoyo, J., Elliott, A., Sargatal, J., 1996. Handbook of the birds of the world, vol. 3, Hoatzin to Auks. Lynx Editions, Barcelona.
- Dias, M.P., Peste, F.A., Granadeiro, J.P., Palmeirim, J.M., 2008. Does traditional shellfishing affect foraging by waders? The case of the Tagus estuary (Portugal). *Acta Oecologica* 33, 188–196.
- Erlandson, J.M., Madonna, L.M., Des Lauriers, M., 2008. Life on the edge: early maritime cultures of the Pacific Coast of North America. *Quaternary Science Reviews* 27, 2232–2245.
- Evans, P.R., 1976. Energy balance and optimal foraging strategies in shorebirds: some implications for their distributions and movements in the non-breeding season. *Ardea* 64, 117–139.

- Ferns, P.N., Rostron, D.M., Siman, H.Y., 2000. Effects of mechanical cockle harvesting on intertidal communities. *Journal of Applied Ecology* 37, 464–474.
- Frid, A., Dill, L., 2002. Human-caused disturbance stimuli as a form of predation risk. *Conservation Ecology* 6, 11–26.
- Gill, J.A., 2007. Approaches to measuring the effects of human disturbance on birds. *Ibis* 149, 9–14.
- Gill, J.A., Norris, K., Sutherland, W.J., 2001. Why behavioural responses may not reflect the population consequences of human disturbance. *Biological Conservation* 97, 265–268.
- Goss-Custard, J.D., Stillman, R.A., West, A.D., Caldow, R.W.G., Triplet, P., Durell, S.E.A. Le V. dit, McGrorty, S., 2004. When enough is not enough: shorebirds and shellfishing. *Proceedings of the Royal Society of London Series B: Biological Sciences* 271, 233–237.
- Granadeiro, J.P., Santos, C.D., Dias, M.P., Palmeirim, J.M., 2007. Environmental factors drive habitat partitioning in birds feeding in intertidal flats: implications for conservation. *Hydrobiologia* 587, 291–302.
- Hicklin, P.W., Smith, P.C., 1984. Selection of foraging sites and invertebrate prey by migrant Semipalmated Sandpipers, *Calidris pusilla* (Pallas), in Minas Basin, Bay of Fundy. *Canadian Journal of Zoology* 62, 2201–2210.
- Hill, D.A., Hockin, D., Price, D., Tucker, G., Morris, R., Treweek, J., 1997. Bird disturbance: improving the quality of disturbance research. *Journal of Applied Ecology* 34, 275–288.
- International Wader Study Group, 2003. Waders are declining worldwide. Conclusions from the 2003 Wader Study Group Conference. 2003. Cadiz, Spain. Ref Type: Conference Proceeding.

- Kaiser, M., Broad, G., Hall, S., 2001. Disturbance of intertidal soft sediment benthic communities by cockle hand raking. *Journal of Sea Research* 45, 119–130.
- Kalejta, B., Hockey, P.A.R., 1994. Distribution of shorebird at the Berg river estuary, South Africa, in relation to foraging mode, food supply and environmental features. *Ibis* 136, 233–239.
- Lafferty, K.D., 2001. Disturbance to wintering western snowy plovers. *Biological Conservation* 101, 315–325.
- Masero, J.A., Castro, M., Estrella, S.M., Pérez-Hurtado, A., 2008. Evaluating impacts of shellfish and baitworm digging on bird populations: short-term negative effects on the availability of the mudsnail *Hydrobia ulvae* to shorebirds. *Biodiversity and Conservation* 17, 691–701.
- Morrison, R.I.G., 1984. Migration systems of some New World shorebirds. In: Burger J., Olla, B.L. (Eds.), *Shorebirds: Migration and Foraging Behavior, Behavior of Marine Animals. Current Perspectives in Research*, vol. 6. Plenum Press, New York, pp. 125–202.
- Morrison, R.I.G., Ross R.K., 1989. Atlas of Nearctic shorebirds on the coast of South America, vol. 2. Canadian Wildlife Service Special Publication, Ottawa.
- Myers, J.P., Morrison, R.I.G., Antas, P.T., Harrinton, B.A., Lovejoy, T.E., Sallabery, M., Senner, S.E., Tarak, A., 1987. Conservation strategy for migratory species. *American Scientist* 75, 19–26.
- Myers, J.P., Williams, S.L., Pitelka, F.A., 1980. An experimental analysis of prey availability for Sanderlings (Aves: Scolopacidae) feeding on sandy beach crustaceans. *Canadian Journal of Zoology* 58, 1564–1574.
- Navedo J.G., Masero, J.A., 2007. Measure potential negative effects of traditional harvesting practices on waterbirds: a case study with migrate curlews. *Animal*

- Conservation 10, 88–94.
- Navedo, J.G., Masero, J.A., 2008. Effects of traditional clam harvesting on the foraging ecology of migrating curlews (*Numenius arquata*). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 355, 59–65.
- Parkington, J., 2004. Middens and moderns: shellfishing and the Middle Stone Age of the Western Cape. *South African Journal of Science* 99, 243–247.
- Pienkowski, M.W., 1983. Changes in the foraging patterns of plovers in relation to environmental factors. *Animal Behaviour* 31, 244–264.
- Piersma, T., 1996. Family Scolopacidae (sandpipers, snipes and phalaropes). In: del Hoyo, J., Elliott, A., Sargatal, J. (Eds.), *Handbook of the birds of the world*, vol. 3. Hoatzin to Auks. Lynx Editions, Barcelona, pp. 444–487.
- Pomeroy, A.C., Butler, R.W., Ydenberg, R.C., 2006. Experimental evidence that migrants adjust usage at a stopover site to trade off food and danger. *Behavioural Ecology* 17, 1041–1045.
- Robar, N.D.P., Hamilton, D.J., 2007. A method for estimating habitat use by shorebirds using footprints. *Waterbirds* 30, 116–120.
- Shepherd, P.C.F., Boates, J.S., 1999. Effects of a commercial baitworm harvest on Semipalmated Sandpipers and their prey in the bay of Fundy hemispheric shorebird reserve. *Conservation Biology* 13, 347–356.
- SNUC - Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza, 2003. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000; decreto nº 4.340, de 22 de agosto de 2002. 3rd edition. Brasília: MMA/SBF, Brasil.
- Sousa, G. S., 1851. *Tratado descritivo do Brasil em 1587*. 2nd edition. (Ed. F. A. de Varnhagen) (Acessado em: 31 de Outubro de 2009, <<http://www.dominiopublico.gov.br/download/texto/me003015.pdf>>)

- Stillman, R.A., Goss-Custard, J.D., West, A.D., McGrorty, S., Caldow, R.W.G., Durell, S.E.A. Le V. dit, Norris, K.J., Johnstone, I.G., Ens, B.J., van der Meer, J., Triplet, P., 2001. Predicting oystercatcher mortality and population size under different regimes of shellfishery management. *Journal of Applied Ecology* 38, 857–868.
- Yasué, M., 2006. Environmental factors and spatial scale influence shorebirds' responses to human disturbance. *Biological Conservation* 128, 47–54.
- Ydenberg, R.C., Dill, L.M., 1986. The economics of fleeing from predators. *Advances in the Study of Behaviour* 16, 229–246.

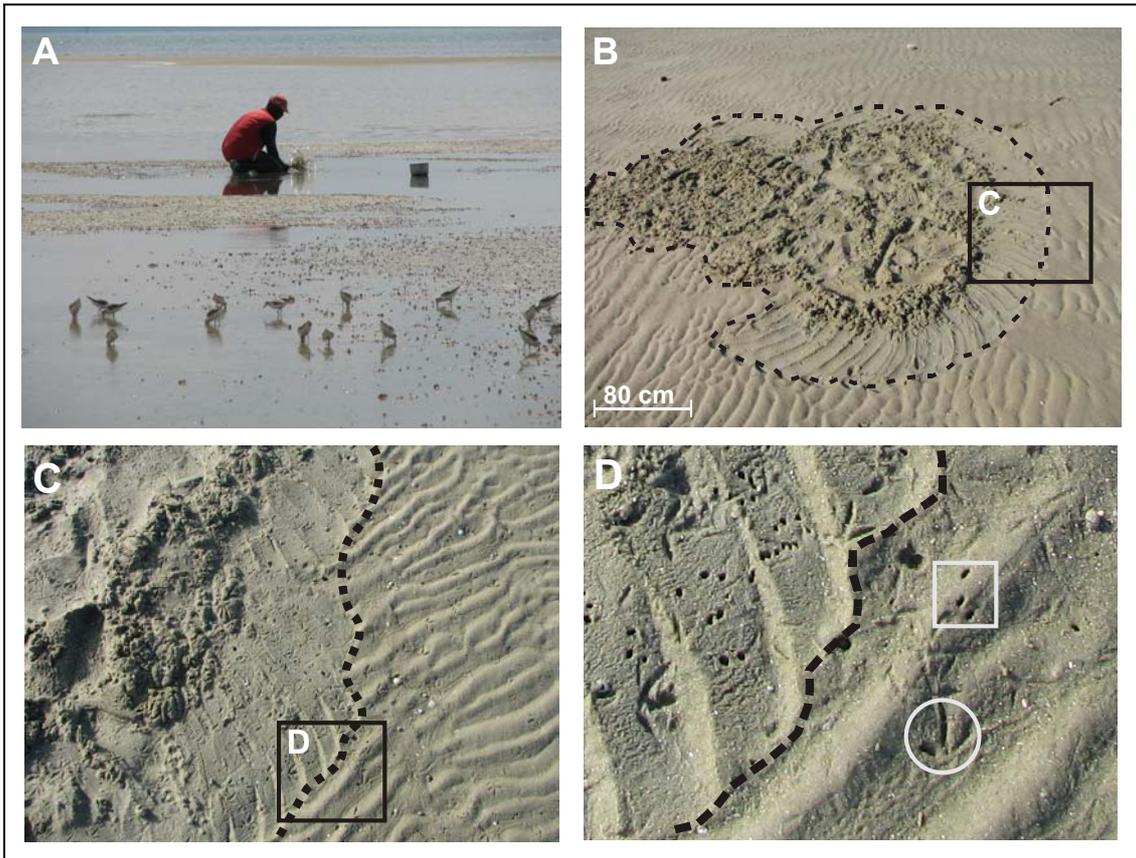


Figura 1. (A) Bando misto de aves limícolas forrageando próximo a um marisqueiro em área intermareal da Baía de Todos os Santos, Brasil; (B) área tracejada indicando porção de sedimento revolvido por um marisqueiro; (C) ampliação da figura B, evidenciando sedimento revolvido (esquerda do tracejado) e não-revolvido (direita do tracejado); (D) ampliação da figura C, evidenciando uma marca de pegada (círculo) e bicadas (retângulo).

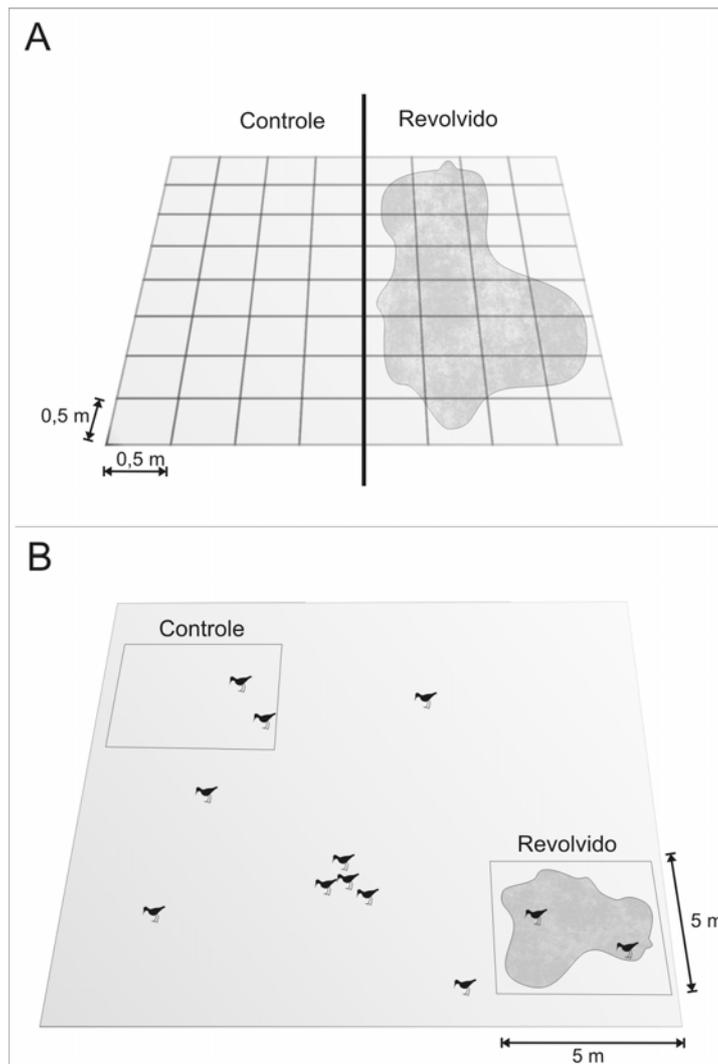


Figura 2. Experimento utilizado para estimar a intensidade de uso, por aves limícolas, do sedimento revolvido por marisqueiros e não-revolvido (controle). Diagrama do experimento utilizado para (A) estimar número de marcas de bicadas e pegadas e número de fezes de aves e (B) mensurar número de visitas de aves e encontros agonísticos. Detalhes na seção 2.4.

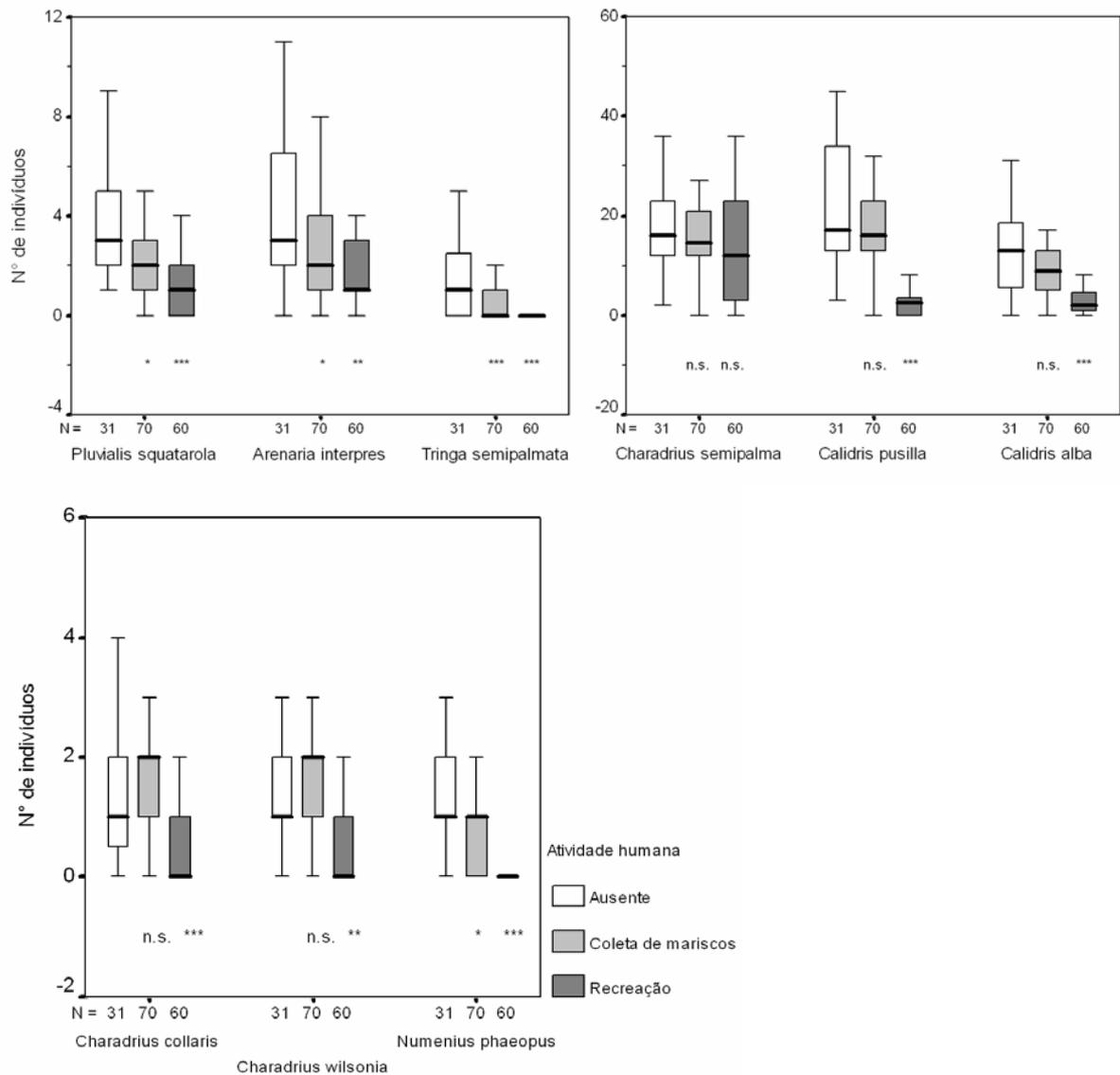


Figura 3. Número de indivíduos (boxplot) de nove espécies de aves limícolas em forrageio em área intermareal, em três condições: ausência de pessoas, atividade de coleta manual de mariscos e recreação. Asteriscos indicam nível de significância nas comparações entre cada atividade humana e ausência de atividade (teste de Mann-Whitney). * $P < 0,05$, ** $P < 0,001$, *** $P < 0,0001$, n.s. $P \geq 0,05$. Detalhes na seção 3.1. Boxplot: medianas, amplitudes inter-quartiles, valores mínimos e máximos. *Charadrius semipalma*: *Charadrius semipalmatus*.

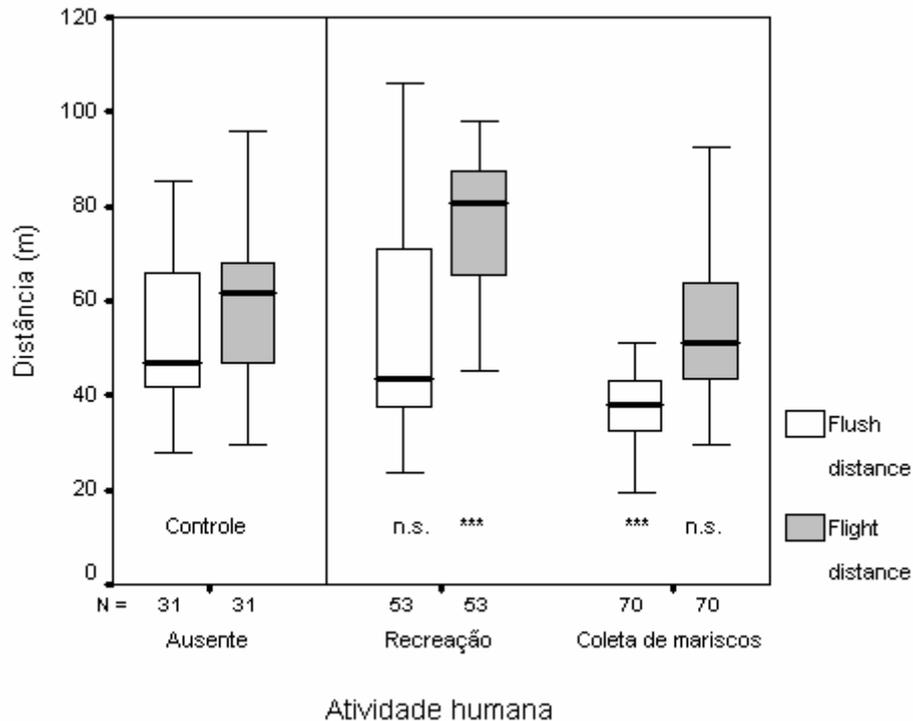


Figura 4. Respostas comportamentais (*flush distance* e *flight distance*) à aproximação humana em bandos mistos de aves limícolas (*Charadrius semipalmatus* e *Calidris pusilla*) forrageando em área intermareal na Baía de Todos os Santos, em três condições: ausência de pessoas, recreação e atividade de coleta manual de mariscos. Asteriscos indicam níveis de significância nas comparações entre cada atividade humana e ausência de pessoas (teste de Mann-Whitney). *** $P < 0,0001$, n.s. $P \geq 0,05$. Dados apresentados em boxplots (medianas, amplitudes inter-quartiles, valores mínimos e máximos). Detalhes na seção 3.2.

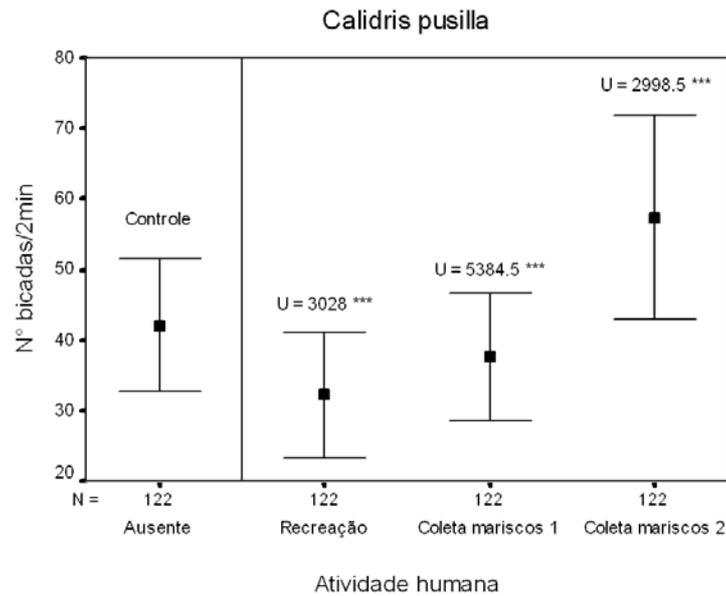


Figura 5. Taxas de forrageamento (nº bicadas/2 min) de *Calidris pusilla* em quatro situações: ausência de pessoas, atividade recreativa, coleta de marisco 1 (obtidas em áreas de sedimento não-revolvido) e coleta de marisco 2 (em áreas de sedimento revolvido por coletores de mariscos). Valores de U (teste de Mann-Whitney), resultantes de comparações entre cada atividade antrópica e condição controle, são apresentados sobre barras verticais. *** $P < 0,001$. Detalhes na seção 3.3.

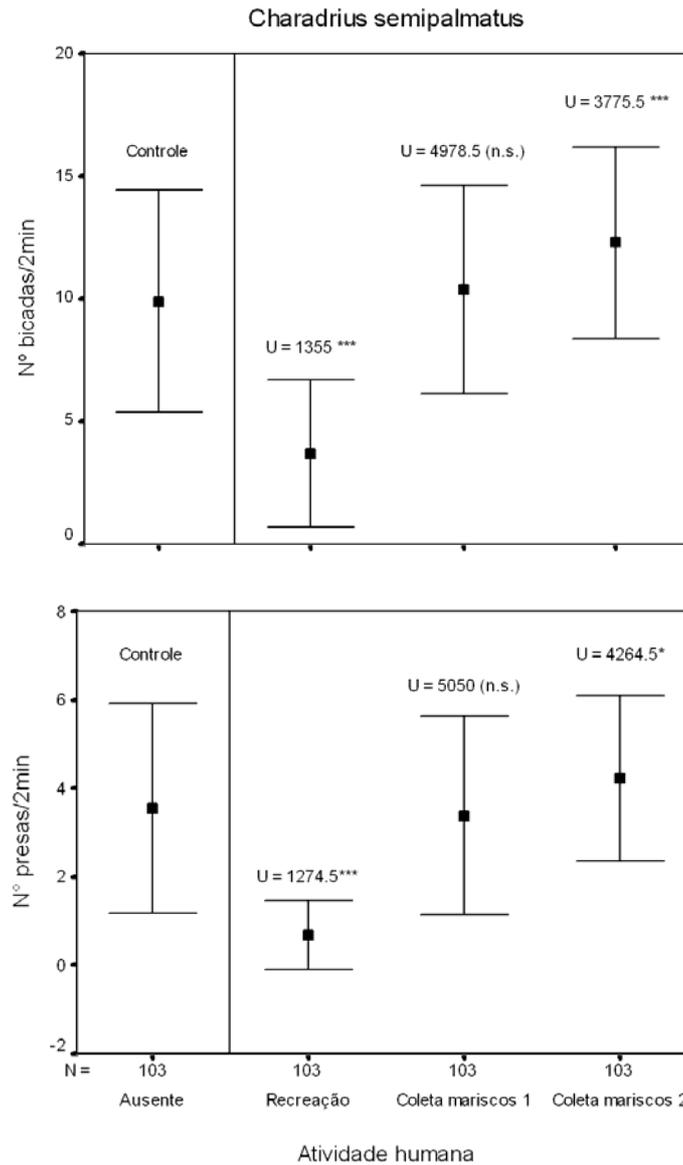


Figura 6. Taxas de forrageamento (nº bicadas/2 min) e de ingestão (nº presas/2 min) de *Charadrius semipalmatus* em quatro situações: ausência de pessoas, atividades de recreação, coleta de mariscos 1 (obtidas em áreas de sedimento não-revolvido), coleta de mariscos 2 (em áreas de sedimento revolvido por coletores de mariscos). Valores de *U* (teste de Mann-Whitney), resultantes de comparações entre cada atividade antrópica e condição controle, são apresentados sobre barras verticais. *** $P < 0,001$, * $P = 0,014$, n.s. $P \geq 0,05$. Detalhes na seção 3.3.

Tabela 1. Comparações de densidade de marcas de bicadas (marcas bicadas/m²), pegadas (marcas pegadas/m²) e número de fezes (fezes/m²) de aves limícolas em áreas de sedimento não-revolvido (Controle) e revolvido por coletores de mariscos (Revolvido). Valores representam densidade média ± erro-padrão. O tamanho das amostras foi o mesmo para todas as espécies (n = 68).

Variáveis	Controle	Revolvido	Teste de Wilcoxon
Marcas de bicadas/m ²	13,3 ± 1,9	27,8 ± 3,8	Z = -4,08; P < 0,001
Marcas de pegadas/m ²	25,1 ± 3,1	54,0 ± 6,6	Z = -3,76; P < 0,001
Número de fezes/m ²	0,2 ± 0,1	0,3 ± 0,1	Z = -5,06; P < 0,001

Tabela 2. Comparações entre número de visitas/hora de aves limícolas em áreas de sedimento não-revolvido (controle) e revolvido por coletores de mariscos (revolvido). Valores representam densidade média \pm desvio-padrão. O tamanho das amostras foi o mesmo para todas as espécies (n = 20).

Espécies	Controle	Revolvido	Teste de Wilcoxon
<i>Charadrius semipalmatus</i>	11,1 \pm 8,9	42,9 \pm 15,0	Z = -3,87 (P < 0,001)
<i>Arenaria interpres</i>	2,4 \pm 2,5	6,6 \pm 4,6	Z = -3,48 (P < 0,001)
<i>Calidris pusilla</i>	12,2 \pm 6,7	29,8 \pm 21,0	Z = -2,61 (P = 0,008)
<i>Calidris alba</i>	1,0 \pm 1,0	2,8 \pm 2,1	Z = -2,79 (P = 0,005)
<i>Charadrius wilsonia</i>	1,7 \pm 1,0	2,2 \pm 0,9	Z = -1,52 (P = 0,13)
<i>Charadrius collaris</i>	0,8 \pm 1,0	0,1 \pm 0,3	Z = -2,55 (P = 0,11)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerações finais

A partir de um conjunto de resultados obtidos nesta tese, foi possível caracterizar as estratégias de forrageamento e evitação de predação adotadas por aves limícolas Charadriidae e Scolopacidae na costa oeste da Baía de Todos os Santos. Em uma escala mais ampla, os resultados deste trabalho são novas contribuições sobre a ecologia comportamental de aves limícolas no Brasil e na América do Sul. Assim, são apresentadas abaixo as principais conclusões deste estudo para as cinco linhas gerais investigadas.

O estudo 1 forneceu dados importantes sobre abundância sazonal e uso de área intermareal para forrageamento. As variáveis ambientais que mais afetaram a distribuição das aves limícolas em alimentação na costa oeste da Baía de Todos os Santos foram o tipo de sedimento e a disponibilidade de invertebrados. Esta região é uma importante área de alimentação e permanência de centenas de aves limícolas migratórias e residentes, sendo crucial a manutenção da diversidade de microhabitats das áreas intermareais para satisfazer requerimentos ecológicos particulares das espécies.

O estudo 2 permitiu uma maior compreensão do efeito da presença de potenciais predadores sobre o comportamento de aves limícolas. A ave de rapina diurna, *Caracara plancus*, representou um distúrbio não-letal diurno no forrageio de aves limícolas que utilizam a costa oeste da Baía de Todos os Santos. Entretanto, a intensidade deste distúrbio foi baixa, pois comportamentos de fuga ou evitação da área e modificação no tamanho da agregação em batuíras (*Charadrius*) não foram observados. Assim, sugere-se que a intensidade do efeito não-letal de aves de rapina em batuíras represente uma situação de baixa intensidade de predação, localmente encontrada.

No estudo 3 foram investigadas as relações entre movimento da maré, risco de predação e estratégias de forrageamento em aves limícolas neárticas. O ritmo de forrageamento destas aves na Baía de Todos os Santos foi determinado parcialmente pelo movimento da maré e as espécies exibiram diferenças em preferência de forrageamento com relação à passagem da água. Ainda, áreas próximas à costa e ao manguezal foram intensamente utilizadas para forrageamento e aves limícolas não interpretaram a costa como área de risco de predação.

Ainda, no estudo 4 foram analisadas as respostas comportamentais de aves limícolas à presença humana. A atividade recreativa representou maior grau de ameaça às aves em forrageio do que a atividade humana de coleta de mariscos. Aves limícolas se mantiveram em menor abundância, apresentaram menores taxas de forrageamento e se deslocaram mais quando expostas à condição de atividade recreativa humana. As espécies de aves limícolas de maior porte evitaram a área intermareal na presença de humanos, independente do tipo de atividade (recreativa ou coleta de mariscos). Notavelmente, as áreas de sedimento revolvido manualmente por coletores de mariscos foram intensamente utilizadas para forrageio por algumas espécies de aves limícolas, sugerindo uma relação comensal entre estas e os coletores de mariscos. Assim, sugere-se a criação de amplas zonas exclusivas para forrageio e descanso de aves limícolas e para coleta de invertebrados pela comunidade humana tradicional (e.g. Reserva Extrativista: ver Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza, 2003).

Finalmente, o estudo em anexo I apresenta a costa oeste da Baía de Todos os Santos como uma relevante área de reprodução de *C. wilsonia*, estendendo assim o limite sul de sua área reprodutiva. A partir de dados experimentais, sugere-se que a utilização de áreas costeiras para pastagem tem potencial para reduzir o sucesso reprodutivo desta população mais ao sul das Américas.

Anexo I

Primeiro registro reprodutivo de *Charadrius wilsonia* na Baía de Todos os Santos, nordeste do Brasil

Primeiro registro reprodutivo de *Charadrius wilsonia* na Baía de Todos os Santos, nordeste do Brasil

Resumo

Charadrius wilsonia possui ampla distribuição costeira nas Américas. Apresentamos aqui o primeiro registro reprodutivo desta espécie na Baía de Todos os Santos, Brasil, ampliando o limite sul de sua área de reprodução na costa atlântica para 12°44'S, 38°45'O. Registramos duas famílias com filhotes e um ninho entre 2007 e 2008. Em 96 hrs de observação focal diurna no ninho, tanto a fêmea quanto o macho foram observados incubando os ovos. Registramos 102 interrupções durante incubação devido à aproximação de animais domésticos. Nove dias após a oviposição o ninho foi abandonado. Dados obtidos em um experimento com ninhos artificiais revelam que 30% dos ninhos de *C. wilsonia* foram destruídos por animais domésticos que pastaram livremente na área de estudo.

1. Introdução

Charadrius wilsonia (Charadriiformes) é uma batuíra associada estritamente a habitats costeiros nas Américas. Possui ampla distribuição, com populações residentes em diversas localidades. Reproduz-se na costa atlântica, entre o leste dos EUA e o nordeste do Brasil e ilhas do Caribe, e na costa pacífica, entre o México e o noroeste do Peru (ver Corbat e Bergstrom 2000). Diferenças em sua plumagem, observadas ao longo de sua distribuição, atraíram a atenção de taxonomistas, levando a subdivisão da espécie em cinco subespécies (Wiersma 1996, Corbat e Bergstrom 2000, Grantsau e Lima 2008). *Charadrius wilsonia* é aparentemente monogâmica (Corbat e Bergstrom 2000), e ambos os sexos são potencialmente capazes de realizar a completa incubação (Bergstrom 1981).

Historicamente, o limite norte da área de reprodução de *C. wilsonia* vem sendo retraído e as populações reprodutivas no atual limite norte, Virginia, EUA, estão em perigo. As principais ameaças às populações ao norte são a destruição das áreas de reprodução e a interferência durante reprodução e descanso. No entanto, pouco se conhece sobre as ameaças fora desta região (Corbat e Bergstrom 2000).

Registros de reprodução e informações sobre as populações de *C. wilsonia* no hemisfério sul são escassos e restritos a algumas localidades (Tovar 1968, Rodrigues et al. 1996, Wiersma 1996, Corbat e Bergstrom 2000, Azevedo Junior et al. 2004, Grantsau e Lima 2008). Assim, os objetivos deste trabalho foram: apresentar o primeiro registro de reprodução de *C. wilsonia* na Baía de Todos os Santos (BTS), Brasil, limite mais ao sul de sua área de reprodução na costa atlântica, e descrever aspectos do comportamento reprodutivo e potenciais ameaças a esta população.

2. Observações

A reprodução de *C. wilsonia* foi registrada na região costeira de Saubara, Bahia, costa oeste da BTS, Brasil (12°44'S, 38°45'O). Esta região é caracterizada por um complexo de áreas de restinga, manguezal, apicum (áreas planas de elevada salinidade ou acidez, em regiões de supra-maré) e zona intermareal. O clima é tropical úmido, com duas estações bem definidas: seca (setembro a fevereiro) e chuvosa (março a outubro) (INMET 2010).

A primeira evidência de reprodução de *C. wilsonia* nesta região foi o registro de uma família composta de um subadulto, um macho e uma fêmea, em forrageamento na zona intermareal, em 17 de dezembro de 2007. Em 13 de agosto de 2008, às 15:32 hrs (UTC-3), um ninho com dois ovos foi encontrado em área de restinga. Na manhã seguinte (05:45 hrs), aproveitando a ausência da fêmea e do macho, foram realizadas medições do ninho e dos ovos, e registrada a postura de mais um ovo no ninho. O ninho era uma pequena cavidade no solo arenoso de 102 mm de diâmetro e 25 mm de profundidade, com fragmentos de vegetação seca ao redor dos ovos. Foi construído ao lado de fezes secas de cavalo e de um subarbusto (*Spermacoce verticillata* L., Rubiaceae) de 17,5 cm de altura, cercado por gramíneas (Fig. 1). As medidas dos três ovos foram: comprimento 34,9, 34,8 e 34,2 mm, largura 25,2, 25,0 e 24,4 mm, e peso 14,0, 14,0 e 13,5 g, respectivamente. As cascas dos ovos possuíam coloração creme claro, com manchas marrom escuro em toda a superfície, principalmente na base do ovo.

Para descrever o investimento parental em incubação, foram realizadas 96 hrs de observação focal no ninho, entre 06:00 e 18:00 h, nos primeiros oito dias de incubação (14 a 21 de agosto de 2008). As observações foram realizadas a partir de um ponto fixo no manguezal, a 26 m do ninho. Durante o período de observação, o tempo investido

pela fêmea em incubação foi de 53,27 hrs e pelo macho 3,85 hrs, correspondendo a 93,3% e 6,7%, respectivamente, do tempo incubado. A fêmea foi observada em incubação entre 06:00 e 17:33 hrs e o macho, a partir das 17:14 hrs. A fêmea interrompeu a incubação 125 vezes (média 1,29/h; DP = 1,41/h; $n = 96$). Destas interrupções, 102 (81,6%) foram ocasionadas pela aproximação de animais domésticos, principalmente gado (*Bos taurus*). Após deixar o ninho, a fêmea exibiu, freqüentemente, comportamentos de alarme e distração: *squatting*, *head-up* (seguido de vocalização), *mock-brooding* e/ou *broken-wings*. Em 54,3% das interrupções por interferência, foi observada a aproximação do macho exibindo *head-up* e *crouch-run* [ver descrição em Bergstrom (1988a)]. No dia 22 de agosto de 2008 o ninho foi abandonado.

Em 27 de agosto de 2008, outra família de *C. wilsonia* foi encontrada com três filhotes, em área de apicum. Cada filhote (Fig. 1) foi medido, pesado e marcado com uma anilha metálica (CEMAVE/ICMBio, Brasil). As medidas obtidas para os três filhotes foram: tarso direito 23,5, 23,3, e 22,1 mm, cúlmem 17,3, 16,8 e 16,1 mm e peso 17,0, 16,5 e 15,5 g, respectivamente. Esta família foi registrada por sete dias subseqüentes na mesma localidade, com os filhotes sempre próximos uns dos outros e acompanhados por um macho e uma fêmea.

Pares de *C. wilsonia* foram observados defendendo território em área de restinga entre maio e outubro de 2007 e 2008. Estas mesmas áreas foram utilizadas como pasto por gado e eqüinos, criados livremente pela comunidade local. Considerando que estes animais podem destruir os ninhos de *C. wilsonia*, foi realizado um experimento com ninhos artificiais para obter uma estimativa da perda de ninhos por estes animais. Em janeiro de 2009, foram construídos 30 ninhos artificiais no solo, em série e distantes uns dos outros, 30 m ao longo de uma faixa de restinga. Cada ninho artificial foi construído em formato semelhante ao de *C. wilsonia*, adicionando-se três ovos de codorna

(*Coturnix coturnix*) a cada um deles. Foram realizadas três visitas diárias em cada ninho (06:00, 12:00 e 18:00 hrs) durante 25 dias (tempo aproximado de incubação para a espécie). Em cada visita foram registrados o número de ninhos: (i) intactos, (ii) destruídos [com pelo menos um ovo destruído e indícios (pegadas) de animais domésticos], e (iii) predados (ausência ou destruição de pelo menos um ovo, sem vestígios de animais domésticos). De um total de 30 ninhos (Fig. 2), nove foram destruídos, com 77,7% das ocorrências durante o dia (06:00 – 18:00 hrs), e 15 foram predados, com 66,7% das ocorrências durante a noite (18:00 – 06:00 hrs).

3. Discussão

É apresentado aqui o primeiro registro de reprodução de *C. wilsonia* na Baía de Todos os Santos. Estes são os registros mais ao sul na costa atlântica para a espécie, portanto, correspondem a uma extensão de sua área de reprodução (ver Corbat e Bergstrom 2000, Grantsau e Lima 2008). Grantsau e Lima (2008) apresentaram registro de reprodução para *C. wilsonia brasiliensis* em Mangue Seco, Brasil, ao norte da BTS. Como as plumagens de machos e fêmeas que se reproduzem na região estudada são muito similares aos *C. w. brasiliensis* depositados no MZUSP (exemplares nº 80034 e 80035), é muito provável que os registros aqui apresentados correspondam a esta subespécie.

Bergstrom (1988b) descreve que *C. wilsonia* nidifica principalmente próximo à vegetação ou objetos (e. g. fezes de cavalo ou rocha), enfatizando que ambos podem funcionar como uma barreira de proteção contra o vento. De fato, no ninho encontrado, as fezes de cavalo e a vegetação forneceram proteção contra ventos vindos do leste e sudeste, predominantes em agosto, período em que o ninho foi encontrado.

Os dados de tamanho da postura, dimensões e coloração dos ovos e tamanho dos filhotes aqui relatados são semelhantes aos publicados para a espécie (Rodrigues et al. 1996, Corbat e Bergstrom 2000, Grantsau e Lima 2008). A maior parte do tempo investido em incubação diurna foi realizada pela fêmea. Contudo, é provável que o macho tenha investido em incubação noturna, uma vez que sempre iniciou a incubação no final do dia. O macho de *C. wilsonia* é conhecido por realizar a incubação principalmente à noite (Thibault e McNeil 1995).

Os resultados do experimento com ninhos artificiais revelaram que, além das ameaças naturais (predadores), a utilização de áreas costeiras para pastagem é uma ameaça adicional ao sucesso reprodutivo de *C. wilsonia* na BTS (ver Rodrigues et al. 1996). Ainda, a intensa interrupção da incubação por interferência, apontada aqui, pode levar a uma inadequada regulação térmica dos ovos (Corbat e Bergstrom 2000).

Estas observações confirmam a BTS como área de reprodução de *C. wilsonia*, estendendo o limite de sua área reprodutiva. Além disso, evidenciam que a utilização de áreas costeiras para pastagem é um ponto crítico a ser considerado em projetos de conservação desta população.

Agradecimentos

Agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pelas bolsas concedidas. Ao CEMAVE/ICMBio pela autorização de captura e anilhamento das aves. Ao L. F. Silveira (USP), pela autorização de acesso à coleção do MZUSP. Ao J. G. Jardim (UFRN), pela identificação de *S. verticillata*. Agradecimentos especiais à Marini, M.A., Rodrigues, M., Machado, R.B., Cariello, M.O., Hay, J.D.V. e Lunardi, D.G. pelas construtivas discussões e revisão do manuscrito.

5. Referências

- Azevedo Junior, S. M., M. E. Larrazábal and O. Pena. 2004. Aves aquáticas de ambientes antrópicos (salinas) do Rio Grande do Norte, Brasil. Pp. 255–266 *in* Aves marinhas e insulares brasileiras: bioecologia e conservação (Branco, J. O. Editor). Editora da UNIVALI, Itajaí, SC.
- Bergstrom, P. W. 1981. Male incubation in Wilson's Plover (*Charadrius wilsonia*). *Auk* 98:835–838.
- Bergstrom, P. W. 1988a. Breeding displays and vocalizations of Wilson's Plovers. *Wilson Bulletin* 100:36–49.
- Bergstrom, P. W. 1988b. Breeding biology of Wilson's Plovers. *Wilson Bulletin* 100:25–35.
- Corbat, C. A. and P. W. Bergstrom. 2000. Wilson's Plover (*Charadrius wilsonia*). *The Birds of North America Online* (A. Poole, Editor). Ithaca: Cornell Laboratory of Ornithology. <http://bna.birds.cornell.edu/bna/species/516> (acessado em: 15 de outubro de 2009).
- Grantsau, R. and P. C. Lima. 2008. Uma nova subespécie de *Charadrius wilsonia* (Aves, Charadriidae) para o Brasil. *Atualidades Ornitológicas* 142:4–5.
- INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. 2010. Normais Climatológicas – 1961 a 1990. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (Acessado em: 19 Fevereiro de 2010, <<http://www.inmet.gov.br>>).
- Rodrigues, A. A. F., D. C. Oren and A. T. Lopes. 1996. New data on breeding Wilson's Plovers *Charadrius wilsonia* in Brazil. *Wader Study Group Bulletin* 81:80–81.
- Thibault, M. and R. McNeil. 1995. Day- and night-time parental investment by incubating Wilson's Plovers in a tropical environment. *Canadian Journal of Zoology* 73:879–886.

Tovar, H. 1968. Areas de reproducción y distribución de las aves marinas en el litoral peruano. *Boletín del Instituto del Mar del Perú* 1:523–526.

Wiersma, P. 1996. Species accounts. Family Charadriidae (plovers). Pp. 410–442 *in* Handbook of the birds of the world, Volume 3: hoatzin to auks (J. del Hoyo, A. Elliott and A. Sargatal, Editors). Lynx Edicions, Barcelona, Spain.

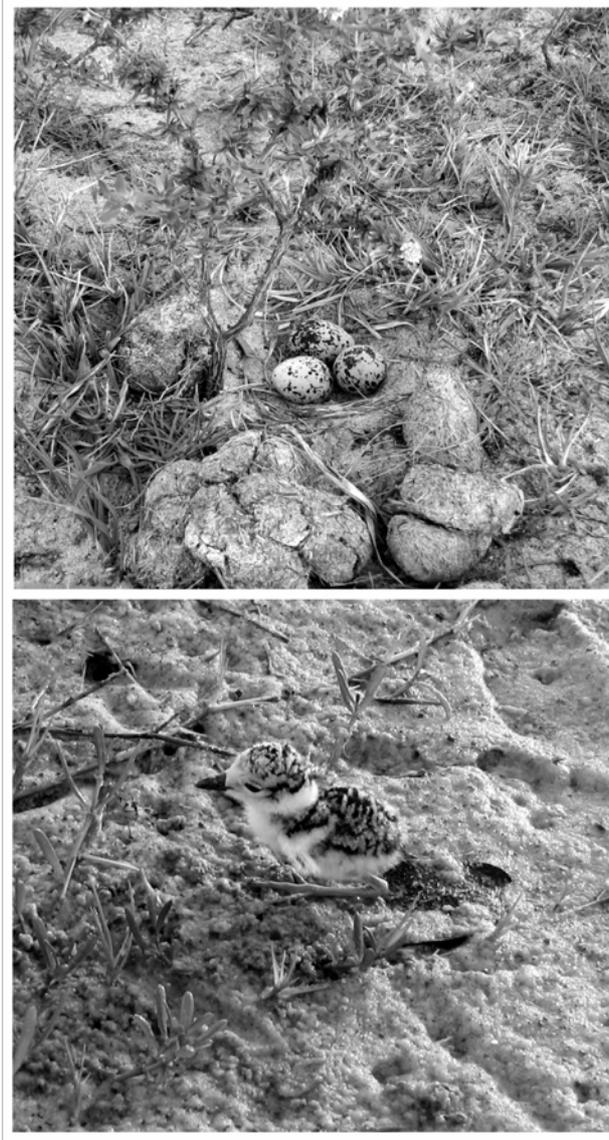


Figura 1. Ninho e filhote de *Charadrius wilsonia* na Baía de Todos os Santos, Brasil.

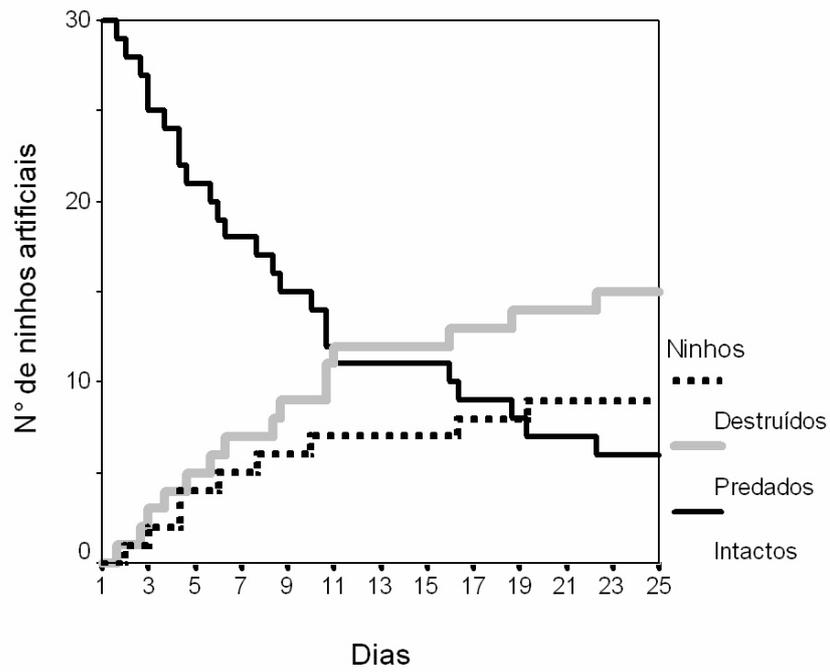


Figura 2. Experimento com ninhos artificiais em área de restinga da Baía de Todos os Santos, Brasil. Número de ninhos destruídos, predados e intactos ao longo de 25 dias (detalhes no texto).

ANEXO II

Pranchas de fotos de Charadriidae e Scolopacidae e da área de estudo

Prancha 1



Prancha 2



Legendas das pranchas

Prancha 1. Espécies de Charadriidae e Scolopacidae mais comuns da Baía de Todos os Santos, BA, Brasil. Nome do táxon e nome em português, conforme Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos (2009, <<http://www.cbro.org.br>>), são apresentados: (A) *Pluvialis squatarola* (Linnaeus, 1758) batuiruçu-de-axila-preta; (B) *Charadrius wilsonia* Ord, 1814 batuira-bicuda; (C) *Charadrius collaris* Vieillot, 1818 batuira-de-coleira; (D) *Charadrius semipalmatus* Bonaparte, 1825 batuira-de-bando; (E) *Tringa semipalmata* (Gmelin, 1789) maçarico-de-asa-branca; (F) *Numenius phaeopus* (Linnaeus, 1758) maçarico-galego; (G) *Calidris alba* (Pallas, 1764) maçarico-branco; (H) *Calidris pusilla* (Linnaeus, 1766) maçarico-rasteirinho; (I) *Arenaria interpres* (Linnaeus, 1758) vira-pedras; (J) *Actitis macularius* (Linnaeus, 1766) maçarico-pintado. Todas as imagens foram obtidas na área de estudo.

Prancha 2. Imagens da área de estudo. (A) Bando de Charadriidae e Scolopacidae em forrageio durante a maré descendente; (B) bando em descanso durante maré alta e (C) bando em vôo; (D) área intermareal da costa oeste da Baía de Todos os Santos durante a maré baixa; (E) grupo de caracarás (*Caracara plancus*) em forrageio em área intermareal; (F) Marisqueira caminhando próximo a um bando de *Calidris pusilla* e *Charadrius semipalmatus* em forrageio; (G) Animais domésticos criados livremente em área de restinga adjacente à área intermareal; (H) avanço da ocupação humana sobre a área intermareal. Todas as imagens foram obtidas na área de estudo.