Universidade Federal de São Carlos

Centro de Ciências Biológicas e da Saúde

Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais

Tese de Doutorado

Ecologia alimentar e reprodutiva de *Nannopterum brasilianum* Gmelin, 1789 (Aves: Phalacrocoracidae): interações tróficas com pescarias no Sistema Estuarino de Laguna, Santa Catarina, Brasil.

Victor Ribeiro Alvares Pimenta

São Carlos

2024

Universidade Federal de São Carlos

Centro de Ciências Biológicas e da Saúde

Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais

Ecologia alimentar e reprodutiva de *Nannopterum brasilianum* Gmelin, 1789 (Aves: Phalacrocoracidae): interações tróficas com pescarias no Sistema Estuarino de Laguna, Santa Catarina, Brasil.

Doutorando: Victor Ribeiro Alvares Pimenta

Orientador: Prof. Dr². Joaquim Olinto Branco

Co-Orientador: Prof. Dr. Jorge-Luiz Rodrigues-Filho

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Ciências, área de concentração: Ecologia e Recursos Naturais

São Carlos

2024



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências Biológicas e da Saúde
Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais

Folha de Aprovação

Defesa de Tese de Doutorado do candidato Victor Ribeiro Alvares Pimenta, realizada em 27/03/2024.

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Joaquim Olinto Branco (UFSCar)

Prof. Dr. Manoel Martins Dias Filho (UFSCar)

Profa. Dra. Evelise Nunes Fragoso de Moura (UFSCar)

Profa. Dra. Vivian de Mello Cionek (UNIVALI)

Prof. Dr. Edison Barbieri (IP)

O Relatório de Defesa assinado pelos membros da Comissão Julgadora encontra-se arquivado junto ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais.

Agradecimentos

Primeiramente agradeço a Deus.

Sou imensamente grato ao meu orientador por seu constante apoio, mesmo à distância. Obrigado, Professor Joaquim, por sua orientação incansável ao longo dessa jornada.

Expresso minha gratidão ao meu co-orientador, Professor Jorge Luiz, que foi um amigo e um professor. Agradeço por disponibilizar o Laboratório de Ecologia Aplicada e Conservação e por abrir portas para diversas oportunidades de pesquisa e colaboração.

Agradeço ao Programa de Pós-graduação em Ecologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de São Carlos, assim como todas as pessoas envolvidas.

Agradeço a CAPES pela concessão da bolsa de auxílio que viabilizou todo o processo.

Minha sincera gratidão à UDESC, LEAC, GTMAR, LABZOO e todas as entidades envolvidas neste projeto. Agradeço especialmente ao Professor Davi, Professor Pedro e Professor Giovanni. Também agradeço à calorosa comunidade pesqueira de Laguna, em particular aos moradores da Ponta da Barra, que gentilmente ofereceram suporte e recursos. Joacir, Chipa, Felipe e Célio.

Agradeço ao Projeto Ecológico de Longa Duração – SELA e a todos os envolvidos, incluindo Fabio, Maurício, Davi, Jorge e outros, por me proporcionarem valiosas experiências no estudo do SEL. Também agradeço a Professora Dra. Rachael Orben da Oregon State University pela colaboração e pelo uso dos biologgers na pesquisa sobre os Biguás.

Meus agradecimentos a todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para este processo. Aos meus pais, Alexandre e Sheila, e ao meu irmão, Arthur, amo vocês. À minha companheira, Ana Maria, minha amiga, meu amor. Agradeço também a todos os amigos que encontrei ao longo dessa jornada, em especial aos amigos Seival, Almirante, Trapiche, UDESC e Ponta

da Barra, bem como aos amigos Rafão, Binho, Liu, Barbara, Henrique, Rodrigão, Jordana, Nikolas, Emanuele, Edu, Aurélio, Fefe e Richard.

Por fim, agradeço a Nobuo Uematsu e Joe Hisaishi pelas melodias que inspiraram minha jornada.

Resumo

O Biguá (*Nannopterum brasilianum*) é uma espécie de ave piscívora muito abundante em sua área de distribuição, especialmente no Brasil. Apesar de sua ampla ocorrência, seus aspectos ecológicos ainda não foram bem estudados na América do Sul. No Sistema Estuarino de Laguna (SEL), litoral sul de Santa Catarina, Brasil, as comunidades pesqueiras tradicionais expressam preocupações com um potencial aumento populacional e os hábitos alimentares desta ave. Este trabalho buscou avaliar a ecologia de um dormitório populoso no SEL, quanto suas tendências populacionais, alimentação, uso espacial do estuário e reprodução entre 2021 e 2023. A região é economicamente, culturalmente e historicamente importante para o Sul do Brasil e abriga uma intensa atividade pesqueira, sendo de extrema importância a avaliação das interações entre *N. brasilianum* e recursos pesqueiros. Análises da dieta revelaram hábitos alimentares diversificados, abrangendo tanto peixes demersais quanto pelágicos e presas predominantemente compostas por espécies das famílias Ariidae, Engraulidae, Scianidae, Gerreidae e Atherinopsidae. Através da análise de otólitos contidos em egagrópilas, avaliamos um tamanho médio de presas de 128,7 ±67,6mm e um consumo diário de biomassa de 382,2 ±23,57g. Censos populacionais indicam picos de abundância durante o outono e inverno, coincidindo com o estabelecimento de colônias reprodutivas em Laguna. Através de observações diretas e utilização de transmissores, observamos distâncias percorridas de até 18 km para sítios alimentares, entretanto as distâncias médias percorridas foram pequenas, com a maioria dos indivíduos se alimentando nas proximidades do dormitório (Lagoa do Nóca). Foram contabilizados cerca de 2700 ninhos na colônia reprodutiva de 2023 e um sucesso reprodutivo de 56,9%. Identificados o primeiro conflito documentado entre os Biguás e as pescarias artesanais dentro do território brasileiro. Com ações ilegais e respostas legislativas, exemplificadas pela Lei ordinária municipal n° 2.154/ 2020, o conflito carece de base científica e demanda abordagens holísticas e interdisciplinares para a resolução do conflito e mitigação de possíveis efeitos negativos para a conservação da biodiversidade e das atividades sustentáveis.

Palavras-chave: ave aquática, biguá, dieta, reprodução, sustentabilidade

Abstract

The Neotropic cormorant (*Nannopterum brasilianum*) is an abundant psicivorous bird within its distribution area, especially inside Brazil. Despite its wide ocurrence, the bird ecological aspects are yet not explored by South american scientists. In Laguna Estuarine System (SEL), localized at southern coast of Santa Catarina State, Brazil, tradicional fishing community express nuances of a potential increase in cormorant population and its feeding habitats. This thesis evaluates the species ecological aspects of a populated dormitory at SEL. We assess cormorant population dinamics, diet, estuarine spatial use and reproduction from 2021 to 2023. The region is economically, culturally and historically important to South of Brazil and supports an intense fishing activity, demanding evidence-based evaluation of the interactions between cormorants and fishing resources. Diet analisys revealed diversified and generalists feeding habits, with cormorants consuming pelagic and demersal fishes composed mainly by the next families Ariidae, Engraulidae, Scianidae, Gerreidae e Atherinopsidae. Through otolith analisys sampled by regurgitated pellets, we assessed mean prey sizes of 128,6 +67,6mm and a diary consumption of biomass of 382,2 ±23,5g. Population counts indicated peaks of abundance during autumn and winter, corresponding to the establishment of reprodutive colonies in Laguna adjancies. By direct observations and the utilization of biologgers we observed maximum travel distances of 18 km to feeding areas, but mostly travels ocurred near the dormitory/colony (Nóca Lagoon). We observed a peak of 2780 nests and a reproductive sucess of 56,9% in 2023 colony located at Nóca Lagoon.

Here we also document the first conflict between *N. brasilianum* and artisanal fisheries in Brazil. With ilegal actions and lesgislative responses, exemplified by ordinary law n° 2.154/ 2020. Yet, the conflict lacks evidence-based data and demand holistic and interdisciplinar approaches to its resolution or mitigation of possible negative outputs to biodiversity conservation and sustainable use of natural resources.

Keywords: Aquatic Bird, Neotropic cormorant, diet, reproduction, sustainability

Lista de Figuras

Figura 1. Imagens ilustrando a captura de diferentes presas por *Nannopterum Brasilianum.* 16
Figura 2. Mapa de localização do Sistema Estuarino de Laguna, Estado de Santa Catarina, Brasil. Distribuição de dormitórios de *N. brasilianum* ao longo do estuário e ênfase na foz do Rio Tubarão e dormitório principal no qual o estudo foi realizado. ... 20
Figura 3. Imagem de satélite da porção final do LES, destacando a Lagoa do Nóca, o canal do Molhes, os limites do dormitório de Biguás e a vegetação de Mata Atlântica associada à Lagoa. 21
Figura 4. Imagens: (a) Biguás empoleirados na vegetação de mata atlântica, nas adjacências da Lagoa do Nóca. (b) imagem do Morro do Nóca, com sua declividade. 22
Figura 5. Imagens de amostras frescas, intactas. a- Pelota não fresca e íntegra, b- pelota não fresca e com danos, c- Pelota fresca e íntegra, d- Pelota fresca, porém com danos por queda. 33
Figura 6. Imagem (a) ilustrando a triagem de remanescentes duros e (b) biometria e orientação de otólitos. 35
Figura 7. Flutuação temporal da abundância média mensal de *Nannopterum brasilianum*, no Sistema Estuarino de Laguna, nos anos de 2021, 2022 e 2023. 38
Figura 8. Análise gráfica das estratégias alimentares de *N. brasilianum*, seguindo Amundsen (1996). 40
Figura 9. Produção pesqueira (em toneladas) de pescarias artesanais I e II, durante os anos de 2021, 2022 e 2023, no Sistema Estuarino de Laguna. (*) Asteriscos vermelhos indicam espécies consumidas por *N. brasilianum*. 44

Figura 10. Mapa da porção baixa do Sistema Estuarino de Laguna, indicando os quatro diferentes habitats selecionados neste estudo. CH – Centro histórico (roxo); CM – Canal do Molhes (amarelo); NA – Lagoa adjacente ao Nóca (vermelho) e LN – Lagoa do Nóca (verde). 62
Figura 11. Imagens do transmissor montado na ave e desmontado. 64
Figura 12. Gráfico box-plot das diferenças comportamentais de mergulho nas quatro localidades do Sistema Estuarino de Laguna. (1) de mergulho. (2) das taxas de predação. (3) Boxplot das taxas de mergulho por minuto. (4) Gráfico de barras do número de presas consumidas por tamanho. 67

Figura 13. Distribuição de frequências do número de presas consumidas por Biguás nas quatro localidades de interesse dentro do Sistema Estuarino de Laguna, Santa Catarina. 68
Figura 14. Regressões lineares dentre as variáveis observadas. (a) Número de mergulhos em relação ao número de presas capturadas; (b) Tempo de cada mergulho em relação à profundidade média da água; (c) Tempo de descanso em relação ao tempo de mergulho; e (d) Tempo de descanso em relação ao tempo de manipulação. Os valores de R² representam a força da associação.. 69
Figura 15. Mapa das áreas de forrageamento de *Nannopterum brasilianum* no Sistema Estuarino de Laguna. (1) Distribuição de pontos referentes a cada mergulho. (2) Polígonos indicado as áreas de forrageamento de cada biguá marcado com um transmissor. 70
Figura 16. Áreas de forrageamento de *N. brasilianum* (n = 6 indivíduos) na porção baixa do Sistema Estuarino de Laguna. As áreas foram estimadas através da interpolação da densidade Kernel. A amplitude das densidades relativas, de baixa para alta, é representada p [...] 71
Figura 17.*Nannopterum brasilianum* nest density and vegetation supression dealt by guano deposition on the main breeding colony at Laguna Estuarine System, southern coast of Santa Catarina, Brazil. 85
Figura 18. Footage of illegal hunting of cormorants in Laguna Estuarine System, on may 2022. (a, d and e) Cormorants corpses near nestes, (b) Box of .22LR ammunition and (c) Ammunition detonated capsules 89
Figura 19. Vista da vegetação de Mata Atlântica na área de estudo, evidenciando a densidade de árvores e altura das copas. 105
Figura 20. Mapa da região da Lagoa do Nóca, na qual se encontra a colônia reprodutiva de N. brasilianum. Na figura é ilustrada a extensão da colônia reprodutiva (Ec), os pequenos vales (curvas de nível) e o posicionamento dos principais adensamentos de N. brasil [...] 106
Figura 21. Imagens retiradas à distância (rodovia SC-100) do Núcleo Principal (Np) e parte da extensão da colônia. 107
Figura 22. Imagens indicando a posição do Núcleo reprodutivo secundário (Ns) e dormitório de indivíduos não reprodutivos (Dm). 108
Figura 23. Ilustrações retiradas da tese de Van Tets (1959) sobre os diferentes tipos de exibição, chamadas de “Wing-flipping” 109
Figura 24. Vista da vegetação de Mata Atlântica na área de estudo, evidenciando a densidade e altura de ninhos, localizados na copa das árvores. 109

Figura 25. Imagem ilustrando os limites territoriais da colônia reprodutiva de N. brasilianum na Lagoa do Nóca. É evidenciado a entrada da colônia (Círculo Bege), os núcleos de adensamento (Np e Ns), o transecto realizado (setas laranjas), e o posicionamento dos [...] 109
Figura 26. Ilustrações do monitoramento da colônia reprodutiva de N. brasilianum, destacando o uso de identificadores e as identificações numéricas de ninhos. 110
Figura 27. Marcação dos ovos com caneta hidrocor atóxica. 110
Figura 28. Imagens ilustrando equipamentos utilizados na biometria de ovos e jovens. (a) medição do comprimento do maior eixo do ovo (Lt) e um exemplo da maior largura do eixo perpendicular (Wd). Utilização da pesola e suas escalas (b) e exemplo da pesagem de n [...] 111
Figura 29. Neonatos de Nannopterum brasilianus com 1 e 2 dois de vida. 112
Figura 30. Jovem I, com 3 a 6 dias de vida, evidencia-se a presença do dente do bico e o início da formação de penas. 112
Figura 31. Jovens II com cerca de 10 dias de vida, evidenciando a distribuição de penas. 113
Figura 32. Jovens III, evidenciando a disposição de plumagem, assim como as tentativas de se equilibrarem nas adjacências dos ninhos. 113
Figura 33. Jovem IV. Observa-se as penas das asas e retrizes formadas. 114
Figura 34. Indivíduo Juvenil recém recrutado. 115
Figura 35. Juvenil interagindo com uma folha, manipulando-a de baixo da água. 115
Figura 36. Padrões de plumagem de N. brasilianum em estágio reprodutivo (a,b), não reprodutivo (c) e juvenil ou subadulto (d). 115
Figura 37. Comportamento de coorte de N. brasilianum. 117
Figura 38. Comportamentos de coorte. (a) pedidos de aproximação, (b) e (c) “toque de penas” e (d) cópula. 119
Figura 39. Fotografias exemplificando os diversos estágios de construção e uso de ninhos. 120
Figura 40. Utilização de vegetação e material antrópico na construção de ninhos. 121
Figura 41. Número mensal de ninhos ativos de N. brasilianum durante os períodos de 2021, 2022 e 2023, na Lagoa do Nóca, Santa Catarina, Brasil. 122
Figura 42. Mortalidade diária de jovens de N. brasilianum ao longo da temporada reprodutiva de 2023 na Lagoa do Nóca, Laguna, Santa Catarina. 123
Figura 43. Exemplo de mortalidade natural em jovens de Nannopterum brasilianus. (a - b) Jovens mortos dentro do ninho. (c) jovem caído, considerado como um indivíduo morto. (d) jovem caído sem sinais de dano por predadores. 124
Figura 44. Jovens com sinais de predação, com apenas parte do corpo consumido. 124

Figura 45. Mortalidade adversa. Asfixiação devido à um conteúdo alimentar grande. 125
Figura 46. Carcará (Caracara plancus). Atuou como predador de ovos e jovens na Lagoa do Nóca. 126
Figura 47. Lagarto teiú (Tupinambis merianae). Observado se alimentando de ovos caídos na colonia reprodutiva da Lagoa do Nóca 126
Figura 48. Gavião carrapateiro (Milvago chimachima). Atuou como oportunista na Lagoa do Nóca. Observou-se em diversos momentos a presença deste casal nas imediações da colônia. 127
Figura 49. Garça Branca Grande (Ardae alba). Atuou como oportunista na Lagoa do Nóca, forrageavam ovos quebrados no chão da colônia reprodutiva. 127
Figura 50. Uruburu de cabeça preta (Coragyps atratus). Atuou como oportunista, se alimentando principalmente de carcaças. 127
Figura 51. Urubu de cabeça vermelha (Cathartes aura). Atuou como oportunista. ... 128
Figura 52. Coimportamento agonístico de N. brasilianum exibindo uma postura de defesa contra a presença do Carcará 128
Figura 53. Comportamento agonístico de N. brasilianum diretamente contra o casal de carcarás, protegendo a prole. 128

Lista de Tabelas

Tabela 1. Abundâncias numéricas (n) sazonais de presas na dieta de *N. brasilianum* (Inv – Inverno, Pri – Primavera, Ver – Verão, Out - Outono); Frequência de ocorrência (%FO), Abundância específica da presa *i* (*Pi*), Comprimento médio da presa (mínimo – máximo), Hábito alimentar (demersal ou pelágico), Uso de *habitat* (E/M – estuarino marinho, E – Estuarino, M – Marinho) 41

Tabela 2. Resultados da Análise de perMANOVA para variação na dieta de *Nannopterum brasilianum* entre os meses dos anos de 2021, 2022 e 2023..... 42

Tabela 3. Análise de Espécies Indicadoras (ISA). Associação entre os padrões de abundância de presas e a combinação de grupos amostrais (Meses)..... 43

Tabela 4. Comparação das características de mergulho (médias ± DP) dentre os indivíduos de *N. brasilianum* (n = 6) marcados com transmissores..... 71

Table 5. Summary of laws and policies related to cormorants management and protection. Documents access and link to official government internet pages……. 92

Tabela 6. Variação mensal do número de ninhos, juvenis e população total de *Nannopterum brasilianum* durante as três temporadas reprodutivas no colônia reprodutiva da Lagoa do Nóca, litoral sul de Santa Catarina, Brasil……..... 118

Tabela 7. Média ± desvio padrão (mínimo - máximos) dos comprimentos totais (Lt), larguras máxima (Wd) e volume (cm³) de ovos de biguás (*Nannopterum brasilianum*) em relaçao à sequêcnia de postura no Sistema Estuarino de Laguna, durante a temporada reprodutiva de 2023..... 122

Tabela 8. Número de indivíduos mensurados (N), Comprimento do cúlmen do bico (mm) e massa média (g) dos jovens I, II, III e IV de N. brasilianum no Sistema Estuarino de Laguna (média ± desvio padrão)……..... 122

Sumário

Resumo..... 6

Abstract 7

Introdução Geral 15

Justificativa e objetivos 22

Referências Bibliográficas 23

Capítulo 1. Abundância, dieta e interações tróficas entre *Nannopterum brasilianum* e pescarias artesanais do Sistema Estuarino de Laguna, Santa Catarina, Brasil 29

Introdução 30

Material e Métodos 32

Resultados 37

Discussão 44

Conclusões 52

Referências Bibliográficas.....52

Capítulo 2. Padrões no uso de habitats e sítios alimentares de *Nannopterum brasilianum* em um sistema estuarino raso no Sul do Brasil. 58

Introdução 59

Material e métodos 61

Resultados 66

Discussão 72

Conclusões 74

Referências Bibliográficas 74

Capítulo 3. Human-wildlife conflict between Neotropic cormorant and artisanal fisheries induce dubious management police in southern Brazil..... 78

Introduction 80

Cormorant-fisheries conflicts overview 81

Neotropic cormorants distribution in Brazil 82
The Laguna City conflict: estuary, cormorants and artesanal fisheries 83
Brazilian law limitations and LES conflict escalation 86
Future focus for neotropic cormorants conflicts mitigation 88
Final Considerations 94
References 95
Capítulo 4. Reprodução de *Nannopterum brasilianum* no Sistema Estuarino de Laguna, Santa Catarina, Brasil 102
Introdução 103
Material e Métodos 104
Resultados 116
Discussão 129
Conclusões 132
Referências Bibliográficas 122
Considerações Finais 135

1. Introdução Geral

Cormorões (Aves: Phalacrocoracidae) são aves aquáticas pertencentes à ordem Suliformes, o grupo contém cerca de 40 espécies e uma ampla distribuição por todo o mundo (Sick et al., 1997; Kennedy & Spencer, 2014). Como características morfológicas, apresentam bicos longos e curvados, pés palmados, atrofiamento da glândula uropigiana e pelagem monocromática, características estas que favorecem o nado e seus comportamentos predatórios (Branco et al., 2009; Kennedy & Spencer, 2014). Seu gênero Phalacrocorax foi subdividido em 6 gêneros por Kennedy e Spencer (2014), dentre eles Poikilocarbo, Urile, Phalacrocorax, Gulosus, Nannopterum e Leucocarbo. São aves muito reconhecidas por pescarias e comunidades dependentes de recursos aquáticos devido ao constante convívio e sobreposição no uso de recursos (Van Eerden & Carss, 2012; Carss, 2022; Ludwig et al., 2023). As habilidades destas aves em colonizar novas áreas e explorar diversos recursos alimentares, geram conflitos com pescarias devido a sua conhecida voracidade no consumo destes recursos e suas conspícuas colônias reprodutivas que potencialmente geram cenários competitivos com pescarias de todo o mundo (Carss, 2022; Craig et al., 2016; De Rijk, 2022). Entretanto, na América do Sul, as espécies deste grupo são pouco estudadas e monitoradas, principalmente dentro do território brasileiro, no qual contém apenas uma espécie, *Nannopterum brasilianum,* popularmente conhecida como Biguá, Mergulhão ou '*Neotropic cormorant*' (Sick et al., 1997; De Piacentini et al., 2015; Pacheco et al., 2021).

1.2 Ecologia trófica de cormorões e suas funções ecológicas

Cormorões são predadoras-topo em muitas cadeias alimentares aquáticas e desempenham papeis fundamentais em ecossistemas costeiros, além de prover serviços ecossistêmicos de suporte, regulação e cultura (Engström, 2001; Gil-Weir et al., 2011; Green & Elmberg, 2014; Ovegård et al., 2021; Signa, 2021). Se alimentam principalmente de peixes, podendo complementar sua dieta com crustáceos e outros organismos aquáticos (Figura 1) (Barquete et al., 2008; Tette Pomárico et al., 2020; Harding & Mesler, 2022; Van Eerden & Carss, 2012). Ocorrem em ambientes de água doce e marinhos,

enquanto suas estratégias de forrageamento e preferências por presas podem variar dependendo das abundâncias e níveis de densidade destas presas (DeBruyne et al., 2013; Boyd et al., 2015; Warzybok et al., 2018). A dieta do grupo é diversificada e reflete a assembleia de peixes do sistema aquático em questão, dependendo principalmente de peixes relativamente pequenos e abundantes (Barquete et al., 2008; Van Eerden & Carss, 2012). Na Europa, Ciprinídeos e Percídeos são os principais itens alimentares da espécie de cormorão mais abundante, *Phalacrocorax sinensis*, enquanto que na América do Norte, as espécies *N. brasilianum* e *N. auritum* possuem como principais itens alimentares presas abundantes como *Micropterus salmoides*, *Zoarces vivipaus* e *Lepomis macrochirus* (Van Eerden & Carss, 2012; Boström, Lunneryd, et al., 2012; Harding & Mesler, 2022). Já na América Central e América do Sul, a principal espécie de cormorão, o biguá (*N. brasilianum),* apresenta uma dieta variada sendo os principais itens alimentares peixes Ariídeos, Scianídeos, Atherinopsídeos, Mugilídes e Engraulídeos (Barquete et al., 2008; Branco, Evangelista, & Lunardon-Branco, 2009; Muñoz-Gil et al., 2013; Gheler-Costa et al., 2018; Oliveira et al., 2019).



Figura 1. Imagens ilustrando a captura de diferentes presas por *Nannopterum Brasilianum*.

Sabe-se que os cormorões podem impactar as comunidades de peixes, mas os efeitos nem sempre são negativos (Craig et al., 2016; Gil-Weir et al., 2011; Ludwig et al., 2023). O processo de um predador consumir presas

implica em uma interação na forma de seleção (remoção) do indivíduo da população, na qual, os possíveis efeitos predatórios são complexos e também são resultados de outros processos (condições climáticas, aporte de poluentes e sobrepesca) que influenciam esta população de presas, da qual a predação por aves é apenas um dos aspectos (Engström, 2001; Netto & Pereira, 2009; Milmann et al., 2016; Warzybok et al., 2018; Ovegård et al., 2021). Dependendo de quantos indivíduos e em que estágio de vida estas presas são selecionadas, os efeitos podem ser mais ou menos significativos em nível populacional (Bailey, 1994; Boström, Östman, et al., 2012; DeBruyne et al., 2013; Ovegård et al., 2021). Do contrário, indícios de que a predação por cormorões pode reestruturar a distribuição de tamanhos de uma população de peixes, como por exemplo grupos juvenis, não deve ser descartada (Bailey, 1994; Engström, 2001).

Outra função ecológica geral de aves marinhas que favorece suas respectivas cadeias tróficas é a transferência de matéria orgânica e energia entre ecossistemas aquáticos e terrestres através da introdução de guano, ou seja, matéria orgânica rica em elementos químicos essenciais, como o Nitrogênio, Fósforo e suas moléculas orgânicas derivadas (Zwolicki et al., 2013; Kolb et al., 2015; De La Peña-Lastra, 2021). O principal efeito desta introdução em ecossistemas aquáticos e ilhas oceânicas é na produtividade primária, que inflige mudanças nas proporções de C:N:P da biomassa e gera um efeito positivo na cadeia trófica (efeito '*bottom-up'*) aumentando a abundância de herbívoros e indiretamente as abundâncias dos níveis tróficos superiores.

1.3 Relações entre cormorões e pescarias

Os resultados dos papéis predatórios, aliados às estratégias de forrageamento e reprodução em colônias de cormorões, fortalecem a percepção de que essas aves impactam adversamente as atividades humanas, seja pelo consumo excessivo de recursos pesqueiros ou pela deposição de guano (Engström, 2001; Doucette et al., 2011; Kolb et al., 2015; Ovegård et al., 2021). Este tipo de interação entre cormorões e pescarias é considerado um conflito 'insolucionável' entre a vida silvestre e seres humanos ('*Human-wildlife conflicts'*), do qual possui um histórico longo de repercussão entre pescarias,

cientistas e políticos, levando a uma série de ações de manejo, políticas e debates em diversos países (Carss et al., 2012; Dorr et al., 2022; Keith, 1995; Ludwig et al., 2023; Marzano et al., 2013; Taylor et al., 2011; Wires, 2015; Wires & Cuthbert, 2006). Na Europa, realizou-se uma iniciativa interdisciplinar para reduzir conflitos entre cormorões e pesca (INTERCAFE), projeto no qual se organizaram reuniões internacionais com pesquisadores de diversas áreas do conhecimento e especialistas relacionados à pesca, sociologia e direito internacional (Carss et al., 2012; I. Russell & Carss, 2012; Van Eerden & Carss, 2012). O objetivo principal foi aprimorar o conhecimento científico europeu sobre as interações entre cormorões e pesca, no contexto da gestão interdisciplinar de conflitos entre humanos e vida selvagem, abrangendo níveis locais e internacionais em toda a Europa. Na América do Sul, poucos estudos científicos relatam nuanças relacionadas à espécie *N. brasilianum* (Gil-Weir et al., 2011; Guevara et al., 2011; Alarcón et al., 2012), principalmente pelo fato destes possíveis conflitos, se existentes, não serem publicados pela literatura científica, e sim, por outros meios de divulgação, dificultando a identificação por parte de pesquisadores e administradores públicos (Bell et al., 2012).

1.4 Estado da arte sobre a biologia de *Nannoterum brasilianum* no Brasil

A literatura científica sugere que a distribuição de *N. brasilianum* (Daqui em diante, Biguás) está fortemente associada aos seus sítios reprodutivos e de alimentação e, portanto, dependente de ecossistemas aquáticos produtivos (Branco, 2002; Barquete et al., 2008; Barquete et al., 2008; Branco, Evangelista e Lunardon-Branco, 2009). Suas colônias reprodutivas abrangem desde as planícies do Mississipi, nos Estados Unidos, até o sul da Argentina com poucos estudos citando colônias pontuais dentro do território brasileiro (Azevedo, 1995; Silva et al., 2000; Quintana et al., 2002; Kalmbach & Becker, 2005; Hanson et al., 2010).

Também, padrões de migração sazonais são informações escassas, porém um padrão foi observado no sul do Brasil na Lagoa dos Patos por Barquete et al. (2008), sugerindo que os biguás migram no outono/inverno para colônias de reprodução em direção ao norte do Pantanal ou para o sul de Santa Fé e Bacia do Rio Paraná, na Argentina, corroborando com relatos locais

(Olrog, 1975; Barquete et al., 2008). Flutuações semelhantes de abundância foram observadas no estuário do Saco da Fazenda, em Santa Catarina, e na parte norte da Bacia Amazônica, no estado do Amapá (Branco, 2002; Silva et al., 2014). Ambas as abundâncias corroboraram com Barquete *et al*. (2008), mas nenhuma colônia reprodutiva foi observada nas proximidades. Contrariando os padrões mencionados acima, as populações do Rio de Janeiro apresentaram uma tendência oposta, com picos mais altos ocorrendo durante o outono-inverno e diminuindo durante o verão-primavera (Da Silva et al., 2018). Essas lacunas de informações biológicas em todo o território brasileiro não apenas levantam questões ecológicas sobre os Biguás, mas também exacerbam potenciais conflitos com atividades pesqueiras que competem pelos mesmos recursos.

A ecologia trófica de *N. brasilianum* foi explorada por poucos pesquisadores no Brasil. Nas regiões costeiras do Estado de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, há estudos de que a espécie se alimenta de forma generalista, principalmente de espécies abundantes nestas regiões, sendo suas presas-alvo primordialmente espécies demersais das famílias Ariidae e Scianidae, e espécies pelágicas da família Actinopiterygii e Engraulidae (Branco, 2002; Barquete et al., 2008; Oliveira et al., 2019). Entretanto é importante salientar que a dieta destas aves, além de ser generalista, apresenta importante plasticidade no uso de recursos alimentares. Exibindo capacidade em mudar suas preferências por determinadas presas de acordo com a disponibilidade e condições ambientais que regem a distribuição das mesmas, a dieta dos Biguás também pode ser caracterizada como especialista em determinadas escalas temporais (Barquete et al., 2008).

1.5 Sistema Estuarino de Laguna

Ecossistemas costeiros e estuarinos são ambientes de alta produtividade dos quais apresentam um papel importante no funcionamento de ecossistemas marinhos e no desenvolvimento de atividades econômicas (Costanza et al., 2017). Estas regiões costeiras e estuarinas provêm uma série de serviços ecossistêmicos que beneficiam a humanidade com o provimento de alimentos, matéria prima para a indústria e agricultura, sequestro de carbono,

áreas de recreação, dentre muitos outros benefícios (Barbier et al., 2011; Rodrigues-Filho et al., 2023). Historicamente, a intensa presença da população humana nestes ambientes gerou, e ainda geram, uma série de pressões não naturais que tornam estes ambientes extremamente ameaçados e suas vulnerabilidades aumentadas com pressões exercidas pelas mudanças climáticas (Gargiulo et al., 2020).

O Sistema Estuarino de Laguna (SEL), localizado no litoral Sul de Santa Catarina (Figura 2), contém três lagoas interconectadas, paralelas ao oceano atlântico e conectadas, com o mesmo, através de um canal estreito do tipo *'choked'* (Kjerfve, 1994). É considerado um sistema estuarino relativamente raso, com uma profundidade média de 2 metros, uma área total de aproximadamente 190 km² e fortes influências da bacia hidrográfica do Rio Tubarão (Netto & Pereira, 2009; Dantas et al., 2019a). O clima da região é classificado como 'Cfa' e está situado em uma área de transição climática, apresentando dois tipos de vegetações únicas de zonas temperadas e tropicais, respectivamente marismas e manguezais (Peel et al., 2007a).

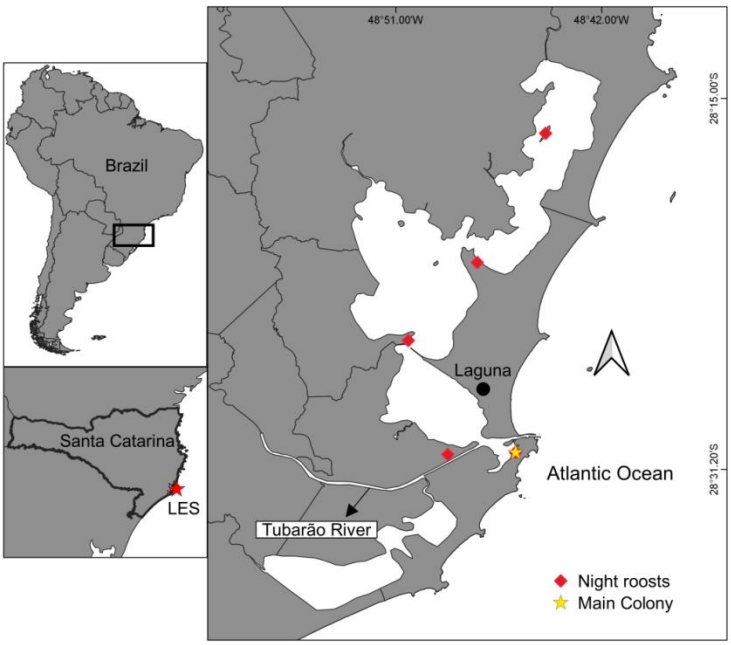


Figura 2. Mapa de localização do Sistema Estuarino de Laguna, Estado de Santa Catarina, Brasil. Distribuição de dormitórios de *N. brasilianum* ao longo do estuário e ênfase na foz do Rio Tubarão e dormitório principal no qual o estudo foi realizado.

Os processos físicos e intensas dinâmicas nas condições ambientais fornecem habitats, áreas de berçário e refúgios para a fauna marinha e costeira

(Netto & Pereira, 2009; Biehl et al., 2019; Frischknecht et al., 2023). Como consequência destas características ecológicas e ambientais, o SEL apresenta um papel importante na economia e no bem-estar da região, fornecendo valores históricos, sociais, culturais e econômicos para a comunidade local, principalmente a comunidade pesqueira que conta com cerca de 7000 pescadores artesanais (Simões-Lopes et al., 1998; Daura-Jorge et al., 2012; Sunye et al., 2014; Barletta et al., 2017; Dantas et al., 2019a; Piazza et al., 2021; Rodrigues-Filho et al., 2023).

Esta tese foi conduzida nos anos de 2021, 2022 e 2023 nas proximidades da Lagoa do Nóca, uma lagoa semiaberta próxima ao canal que conecta o SEL ao Oceano Atlântico. Com uma profundidade média de 2 metros, a lagoa abrange áreas urbanas, marismas, mangues e uma vegetação secundária de Mata Atlântica. Pequenas áreas de marisma estão conectadas ao estuário e ao canal por diversas tubulações espalhadas pela barreira artificial (Rodovia SC-472) e ao longo do canal.

A Lagoa do Nóca abriga uma população conspícua de Biguás, dos quais utilizam a vegetação, predominantemente de Mata Atlântica para pernoitar e estabelecer colônias durante a temporada reprodutiva. A área amostral constitui-se deste dormitório de 54.000m² localizado numa porção do morro com declividade alta e copa das árvores com aproximadamente 6 metros (Figura 3 e 4).



Figura 3. Imagem de satélite da porção final do LES, destacando a Lagoa do Nóca, o canal do Molhes, os limites do dormitório de Biguás e a vegetação de Mata Atlântica associada à Lagoa.

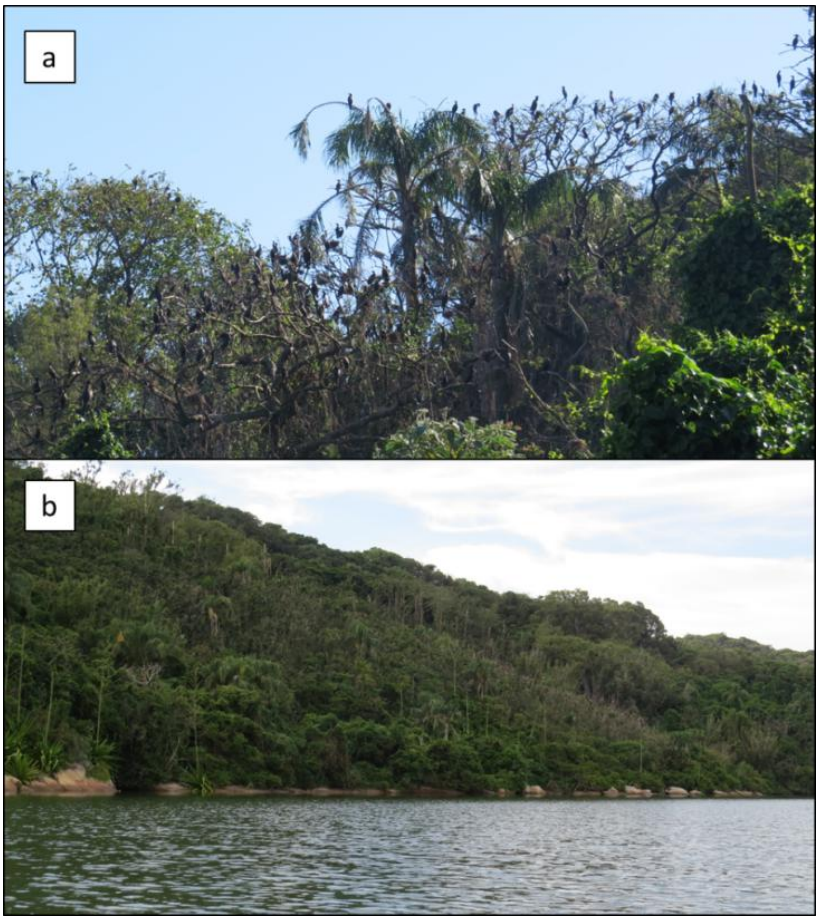


Figura 4. Imagens: (a) Biguás empoleirados na vegetação de mata atlântica, nas adjacências da Lagoa do Nóca. (b) imagem do Morro do Nóca, com sua declividade.

2. Justificativa e objetivos

2.1 Justificativa

Desde 2015, aumentaram-se as queixas de pescadores e produtores de camarões que atuam na região do SEL, relatando que os biguás causam prejuízos econômicos ao predar peixes e camarões, inviabilizando as atividades econômicas na região. Com isso, vemos a importância e a necessidade de estudos em relação à ecologia de biguás no SEL, pois se aumenta a preocupação acerca da conservação de ecossistemas, abundância e riqueza de espécies e meios de vida tradicionais, bem como se acentuam as preocupações sobre os crescentes conflitos que envolvem pescadores, criadores de camarões e os biguás. Relatos de milhares de biguás sobrevoando a cidade de Laguna se tornou notícia corriqueira e pescadores levantam questionamentos sobre os possíveis impactos destas aves no sistema estuarino. Não obstante, os Biguás passaram a estabelecer colônias

reprodutivas nas imediações do estuário, aumentando suas atividades de forrageamento e preocupando ainda mais as comunidades da região.

2.2 Objetivos Gerais

A partir do contexto acima apresentado, é indiscutível a necessidade de se esclarecer questões da biologia básica de *N. brasilianum* no SEL. Neste sentido, temos como objetivo principal desta tese: (1) estimar a população de biguás e identificar suas flutuações populacionais; (2) caracterizar a ecologia trófica; quanto à composição da dieta; variações temporais e tamanho de presas, (3) identificar possíveis interações entre biguás e pescarias artesanais e (4) descrever a colônia reprodutiva de *N. brasilianum* nas imediações do Sistema Estuarino de Laguna.

Referências Bibliográficas

Alarcón, P. A. E., Macchi, P. J., Trejo, A., & Alonso, M. F. (2012). Diet of the Neotropical Cormorant (*Phalacrocorax brasilianus*) in a Patagonian Freshwater Environment Invaded by Exotic Fish. *Waterbirds*, *35*(1), 149–153. https://doi.org/10.1675/063.035.0115

Azevedo, T. R. de. (1995). Estudo da avifauna do campus da Universidade Federal de Santa Catarina (Florianópolis). *Biotemas*, *8*(2), 7–35. https://doi.org/10.5007/%25x

Bailey, K. M. (1994). Predation on juvenile flatfish and recruitment variability. *Netherlands Journal of Sea Research*, *32*(2), 175–189. https://doi.org/10.1016/0077-7579(94)90039-6

Barbier, E. B., Hacker, S. D., Kennedy, C., Koch, E. W., Stier, A. C., & Silliman, B. R. (2011). The value of estuarine and coastal ecosystem services. *Ecological Monographs*, *81*(2), 169–193. https://doi.org/10.1890/10-1510.1

Barletta, M., Lima, A. R. A., Dantas, D. V., Oliveira, I. M., Neto, J. R., Fernandes, C. A. F., … Costa, M. F. (2017). How Can Accurate Landing Stats Help in Designing Better Fisheries and Environmental Management for Western Atlantic Estuaries? Em C. W. Finkl & C. Makowski (Orgs.), *Coastal Wetlands: Alteration and Remediation* (p. 631–703). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-56179-0_20

Barquete, V., Bugoni, L., & Vooren, C. M. (2008). Diet of Neotropic cormorant (Phalacrocorax brasilianus) in an estuarine environment. *Marine Biology*, *153*(3), 431–443. https://doi.org/10.1007/s00227-007-0824-8

Barquete, Viviane, Vooren, C. M., & Bugoni, L. (2008). Seasonal abundance of the Neotropic Cormorant (Phalacrocorax brasilianus) at Lagoa dos Patos estuary, Southern Brazil. *El Hornero*, *23*(1), 15–22. https://doi.org/10.56178/eh.v23i1.745

Bell, S., Stepukonis, F., Bohác, J., & Petersson, E. (2012). MEDIA REPRESENTATIONS OF CORMORANTS: a preliminary analysis. Em Mariella Marzano & D. N. Carss, *Essential Social, Cultural and Legal Perspectives on Cormorant-Fisheries Conflicts*. NERC Centre for Ecology & Hydrology on behalf of COST. https://doi.org/10.13140/2.1.3881.6001

Biehl, T. M., Dantas, D. V., & Gentil De Farias, E. G. (2019). Influence of Crab Trap Geometry and Wind Direction over the Catch Fluctuations in a Neotropical Coastal Lagoon. *Journal of FisheriesSciences.com*, *13*(1). https://doi.org/10.36648/1307-234X.13.1.157

Boström, M. K., Lunneryd, S.-G., Ståhlberg, H., Karlsson, L., & Ragnarsson, B. (2012). *Diet of the Great Cormorant (Phalacrocorax carbo sinensis) at two areas at Lövstabukten, South Bothnian Sea, Sweden, based on otolith size-correction factors*. *89*.

Boström, M. K., Östman, Ö., Bergenius, M. A. J., & Lunneryd, S.-G. (2012). Cormorant diet in relation to temporal changes in fish communities. *ICES Journal of Marine Science*, *69*(2), 175–183. https://doi.org/10.1093/icesjms/fss002

Boyd, C., Castillo, R., Hunt, G. L., Punt, A. E., VanBlaricom, G. R., Weimerskirch, H., & Bertrand, S. (2015). Predictive modelling of habitat selection by marine predators with respect to the abundance and depth distribution of pelagic prey. *Journal of Animal Ecology*, *84*(6), 1575–1588. https://doi.org/10.1111/1365-2656.12409

Branco, J. O. (2002). Flutuações sazonais na abundância de Phalacrocorax brasilianus (Gmelin) no estuário do Saco da Fazenda, Itajaí, Santa Catarina, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, *19*(4), 1057–1062. https://doi.org/10.1590/S0101-81752002000400010

Branco, J. O., Evangelista, C. L., & Lunardon-Branco, M. J. (2009). *Atividade diária de Phalacrocorax brasilianus (Aves, Phalacrocoracidae), na região do Saco da Fazenda, Itajaí, SC, Brasil*.

Carss, D. N. (2022). There must be Some Kind of Way Out of Here: Towards 'Reframing' European Cormorant-Fisheries Conflicts. *Ardea*, *109*(3), 667–681. https://doi.org/10.5253/arde.v109i2.a31

Carss, D. N., Parz-Gollner, R., & Trauttmansdorff, J. (2012). *The INTERCAFE Field Manual: Research methods for Cormorants, fishes, and the interactions between them*. NERC Centre for Ecology & Hydrology on behalf of COST. https://doi.org/10.13140/2.1.4536.9604

Costanza, R., De Groot, R., Braat, L., Kubiszewski, I., Fioramonti, L., Sutton, P., … Grasso, M. (2017). Twenty years of ecosystem services: How far have we come and how far do we still need to go? *Ecosystem Services*, *28*, 1–16. https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.09.008

Craig, E. C., King, D. T., Sparks, J. P., & Curtis, P. D. (2016). Aquaculture depredation by double-crested cormorants breeding in Eastern North America: Cormorant Aquaculture Depredation. *The Journal of Wildlife Management*, *80*(1), 57–62. https://doi.org/10.1002/jwmg.989

Da Silva, T. L., Cabral, R. B. G., & Ferreira, I. (2018). Behavior and seasonal abundance of Neotropic Cormorant Nannopterum brasilianus (Gmelin, 1789) in southeastern, Brazil. *Revista Brasileira de Ornitologia*, *26*(4), 219–226. https://doi.org/10.1007/BF03544434

Dantas, D. V., Ribeiro, C. I. R., Frischknecht, C. D. C. A., Machado, R., & Farias, E. G. G. (2019). Ingestion of plastic fragments by the Guri sea catfish Genidens genidens (Cuvier, 1829) in a subtropical coastal estuarine system. *Environmental Science and Pollution Research*, *26*(8), 8344–8351. https://doi.org/10.1007/s11356-019-04244-9

Daura-Jorge, F. G., Cantor, M., Ingram, S. N., Lusseau, D., & Simões-Lopes, P. C. (2012). The structure of a bottlenose dolphin society is coupled to a unique foraging cooperation with artisanal fishermen. *Biology Letters*, *8*(5), 702–705. https://doi.org/10.1098/rsbl.2012.0174

De La Peña-Lastra, S. (2021). Seabird droppings: Effects on a global and local level. *Science of The Total Environment*, *754*, 142148. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142148

De Piacentini, V. Q., Aleixo, A., Agne, C. E., Maurício, G. N., Pacheco, J. F., Bravo, G. A., … Cesari, E. (2015). Annotated checklist of the birds of Brazil by the Brazilian Ornithological Records Committee / Lista comentada das aves do Brasil pelo Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos. *Revista Brasileira de Ornitologia*, *23*(2), 91–298. https://doi.org/10.1007/BF03544294

De Rijk, J. H. (2022). Great Cormorants Phalacrocorax carbo in the Netherlands: Five Centuries of Protection Amidst Almost European-Wide Persecution. *Ardea*, *109*(3). https://doi.org/10.5253/arde.v109i2.a10

DeBruyne, R. L., Coleman, J. T. H., Jackson, J. R., Rudstam, L. G., & VanDeValk, A. J. (2013). Analysis of Prey Selection by Double-Crested Cormorants: A 15-Year Diet Study in Oneida Lake, New York. *Transactions of the American Fisheries Society*, *142*(2), 430–446. https://doi.org/10.1080/00028487.2012.746239

Dorr, B. S., Fielder, D. G., Jackson, J. R., Farquhar, J. F., Schultz, D. W., & Claramunt, R. M. (2022). Ontario's Double-crested Cormorant hunting season may be ineffective but that doesn't mean there are no conflict issues. *Avian Conservation and Ecology*, *17*(2), art11. https://doi.org/10.5751/ACE-02249-170211

Doucette, J. L., Wissel, B., & Somers, C. M. (2011). Cormorant–fisheries conflicts: Stable isotopes reveal a consistent niche for avian piscivores in diverse food webs. *Ecological Applications*, *21*(8), 2987–3001. https://doi.org/10.1890/10-2384.1

Engström, H. (2001). *Effects of Great Cormorant Predation on Fish Populations and Fishery*.

Frischknecht, C. D. C. A., Dantas, D. V., Rodrigues-Filho, J. L., & Gentil, E. (2023). Composition and diversity of fish assemblages along a shallow beach of a neotropical coastal lagoon. *Regional Studies in Marine Science*, *63*, 102993. https://doi.org/10.1016/j.rsma.2023.102993

Gargiulo, C., Battarra, R., & Tremiterra, M. R. (2020). Coastal areas and climate change: A decision support tool for implementing adaptation measures. *Land Use Policy*, *91*, 104413. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104413

Gheler-Costa, C., Comin, F. H., Gilli, L. C., & Verdade, L. M. (2018). Foraging behavior of Brazilian cormorant, Nannopterum brasilianus (Suliformes: Phalacrocoracidae). *Zoologia*, *35*, 1–4. https://doi.org/10.3897/zoologia.35.e14664

Gil-Weir, K., Weir, E., Casler, C. L., & Aniyar, S. (2011). Ecological functions and economic value of the Neotropic Cormorant (*Phalacrocorax brasilianus*) in Los Olivitos Estuary, Venezuela. *Environment and Development Economics*, *16*(5), 553–572. https://doi.org/10.1017/S1355770X11000179

Green, A. J., & Elmberg, J. (2014). Ecosystem services provided by waterbirds. *Biological Reviews*, *89*(1), 105–122. https://doi.org/10.1111/brv.12045

Guevara, E. A., G, T. S., Mueces, T., Terán, K., & Henry, P.-Y. (2011). Population Growth and Seasonal Abundance of the Neotropic Cormorant (*Phalacrocorax brasilianus*) at Highland Lakes in Ecuador. *Waterbirds*, *34*(4), 499–503. https://doi.org/10.1675/063.034.0413

Hanson, K. C., Vault, T. L. D., & Dinsmore, S. J. (2010). Increased Abundance and First Breeding Record of the Neotropic Cormorant (*Phalacrocorax brasilianus*) on the Alluvial Plain

of Mississippi. *Southeastern Naturalist*, *9*(2), 385–394. https://doi.org/10.1656/058.009.0213

Harding, L. E., & Mesler, J. I. (2022). Cormorant abundance, diet, and foraging habits in Arizona. *Journal of Field Ornithology*, *93*(3), art6. https://doi.org/10.5751/JFO-00141-930306

Kalmbach, E., & Becker, P. H. (2005). Growth and survival of neotropic cormorant (Phalacrocorax brasilianus) chicks in relation to hatching order and brood size. *Journal of Ornithology*, *146*(2), 91–98. https://doi.org/10.1007/s10336-004-0061-6

Keith, J. A. (1995). Management Policies for Cormorants in Canada. *Colonial Waterbirds*, *18*, 234–237. https://doi.org/10.2307/1521544

Kennedy, M., & Spencer, H. G. (2014). Classification of the cormorants of the world. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, *79*, 249–257. https://doi.org/10.1016/j.ympev.2014.06.020

Kjerfve, B. (1994). Chapter 1 Coastal Lagoons. Em *Elsevier Oceanography Series* (Vol. 60, p. 1–8). Elsevier. https://doi.org/10.1016/S0422-9894(08)70006-0

Kolb, G. S., Palmborg, C., Taylor, A. R., Bååth, E., & Hambäck, P. A. (2015). Effects of Nesting Cormorants (Phalacrocorax carbo) on Soil Chemistry, Microbial Communities and Soil Fauna. *Ecosystems*, *18*(4), 643–657. https://doi.org/10.1007/s10021-015-9853-1

Ludwig, J., Cooke, S., & Hobson, K. (2023). On the lack of scientific evidence for the Ontario cormorant cull and other cormorant management actions: A response to Dorr et al. (2022). *Avian Conservation and Ecology*, *18*(1), art1. https://doi.org/10.5751/ACE-02375-180101

Marzano, M., Carss, D. N., & Cheyne, I. (2013). Managing European cormorant-fisheries conflicts: Problems, practicalities and policy. *Fisheries Management and Ecology*, *20*(5), 401–413. https://doi.org/10.1111/fme.12025

Milmann, L., Danilewicz, D., Machado, R., Santos, R. A. D., & Ott, P. H. (2016). Feeding ecology of the common bottlenose dolphin, Tursiops truncatus, in southern Brazil: Analyzing its prey and the potential overlap with fisheries. *Brazilian Journal of Oceanography*, *64*(4), 415–422. https://doi.org/10.1590/s1679-87592016116406404

Muñoz-Gil, J., Marín-Espinoza, G., Andrade-Vigo, J., Zavala, R., & Mata, A. (2013). Trophic position of the Neotropic Cormorant (Phalacrocorax brasilianus): Integrating diet and stable isotope analysis. *Journal of Ornithology*, *154*(1), 13–18. https://doi.org/10.1007/s10336-012-0863-x

Netto, S. A., & Pereira, T. J. (2009). Benthic community response to a passive fishing gear in a coastal lagoon (South Brazil). *Aquatic Ecology*, *43*(2), 521–538. https://doi.org/10.1007/s10452-008-9177-8

Oliveira, K. R. D., Corrêa, L. L. C., & Petry, M. V. (2019). DIETA DE Nannopterum brasilianus (AVES: PHALACROCORACIDAE), NO SUL DO BRASIL. *Oecologia Australis*, *23*(03), 432–439. https://doi.org/10.4257/oeco.2019.2303.03

Olrog, C. C. (1975). Vagrancy of Neotropical Cormorant, Egrets, and White-Faced Ibis. *Bird-Banding*, *46*(3), 207. https://doi.org/10.2307/4512136

Ovegård, M. K., Jepsen, N., Bergenius Nord, M., & Petersson, E. (2021). Cormorant predation effects on fish populations: A global meta-analysis. *Fish and Fisheries*, *22*(3), 605–622. https://doi.org/10.1111/faf.12540

Pacheco, J. F., Silveira, L. F., Aleixo, A., Agne, C. E., Bencke, G. A., Bravo, G. A., … De Q. Piacentini, V. (2021). Annotated checklist of the birds of Brazil by the Brazilian Ornithological Records Committee—Second edition. *Ornithology Research*, *29*(2), 94–105. https://doi.org/10.1007/s43388-021-00058-x

Peel, M. C., Finlayson, B. L., & McMahon, T. A. (2007). Updated world map of the Ko¨ppen-Geiger climate classification. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 12.

Piazza, T. B., Pessoa, M. B., Santiago, D. F., Perroca, J. F., Wagner, B., Dantas, D. V., … Rodrigues-Filho, J. L. (2021). ASPECTOS ECONÔMICOS, TECNOLÓGICOS E SOCIOCULTURAIS DA PESCA DE SIRI-AZUL NO SISTEMA ESTUARINO DE LAGUNA (SC), E SUA DINÂMICA ESPAÇO-TEMPORAL ATRAVÉS DO CONHECIMENTO ECOLÓGICO LOCAL DE PESCADORES ARTESANAIS. Em *Engenharia de Pesca: Aspectos teóricos e práticos* (1º ed, p. 36–61). Editora Científica Digital. https://doi.org/10.37885/210404220

Quintana, F., Yorio, P., & Borboroglu, P. G. (2002). *ASPECTS OF THE BREEDING BIOLOGY OF THE NEOTROPIC CORMORANT PHALACROCORAX OLIVACEUS AT GOLFO SAN JORGE, ARGENTINA*.

Rodrigues-Filho, J. L., Macêdo, R. L., Sarmento, H., Pimenta, V. R. A., Alonso, C., Teixeira, C. R., … Cionek, V. M. (2023). From ecological functions to ecosystem services: Linking coastal lagoons biodiversity with human well-being. *Hydrobiologia*, *850*(12–13), 2611–2653. https://doi.org/10.1007/s10750-023-05171-0

Russell, I., & Carss, D. N. (David). (2012). *The INTERCAFE cormorant management toolbox: Methods for reducing cormorant problems at European fisheries*. Wallingford: NERC Centre for Ecology & Hydrology on behalf of COST.

Sick, H., Pacheco, J. F., & Haffer, J. (1997). *Ornitologia brasileira* (2. impr). Rio de Janeiro: Ed. Nova Fronteira.

Signa, G. (2021). *Seabird influence on ecological processes in coastal marine ecosystems: An overlooked role? A critical review*.

Silva, C. J. D., Abdo, M. S. A., & Oliveira, M. M. D. (2000). *CARATERIZAÇÃO AMBIENTAL DO NINHAL CORUTUBA, PANTANAL DE BARÃO DE MELGAÇO, MT*.

Silva, E. F., Naiff, R. H., Barata, F. D. B., Santos Júnior, L. S., França, P. F., & Campos, C. E. C. (2014). Abundância Sazonal de Phalacrocorax brasilianus (Gmelin, 1789) (Aves, Phalacrocoracidae) na Porcão Norte da Bacia Amazônica, Macapá, Amapá, Brasil. *Biota Amazônia*, *4*(2), 64–67. https://doi.org/10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v4n2p64-67

Simões-Lopes, P. C., Fabián, M. E., & Menegheti, J. O. (1998). Dolphin interactions with the mullet artisanal fishing on Southern Brazil: A qualitative and quantitative approach. *Revista Brasileira de Zoologia*, *15*(3), 709–726. https://doi.org/10.1590/S0101-81751998000300016

Sunye, P. S., Pereira, T. J., Russo, A., & Netto, S. A. (2014). A pesca do camarão-rosa no Sistema Estuarino de Laguna, SC: história e acasos das políticas de manejo. Em M. Haimovici, J. M. Andriguetto Filho, & P. S. Sunye, *A pesca marinha e estuarina no Brasil: Estudos de casos multidisciplinares*. Editora da FURG.

Taylor, B., Andrews, D., & Fraser, G. S. (2011). Double-crested cormorants and urban wilderness: Conflicts and management. *Urban Ecosystems*, *14*(3), 377–394. https://doi.org/10.1007/s11252-011-0165-8

Tette Pomárico, A., López-Peña, A., Franke-Ante, R., & Duarte, L. O. (2020). Dieta y amplitud del nicho trófico del cormorán neotropical [Nannopterum brasilianus (Gmelin, 1789)] en el Santuario de Flora y Fauna Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe de Colombia. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, *49*(SuplEsp), 193–208. https://doi.org/10.25268/bimc.invemar.2020.49.SuplEsp.1072

Van Eerden, M. R., & Carss, D. N. (David). (2012). *Cormorants and the European environment: Exploring cormorant ecology on a continental scale*. Wallingford: NERC Centre for Ecology & Hydrology on behalf of COST.

Warzybok, P., Santora, J. A., Ainley, D. G., Bradley, R. W., Field, J. C., Capitolo, P. J., … Jahncke, J. (2018). Prey switching and consumption by seabirds in the central California Current upwelling ecosystem: Implications for forage fish management. *Journal of Marine Systems*, *185*, 25–39. https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2018.04.009

Wires, L. R. (2015). Migratory bird protection, a crack in the armor: The case of the Double-crested Cormorant. *Avian Conservation and Ecology*, *10*(1), art8. https://doi.org/10.5751/ACE-00761-100108

Wires, L. R., & Cuthbert, F. J. (2006). Historic Populations of the Double-crested Cormorant (Phalacrocorax auritus): Implications for Conservation and Management in the 21st Century. *Waterbirds*, *29*(1), 9–37. https://doi.org/10.1675/1524-4695(2006)29[9:HPOTDC]2.0.CO;2

Zwolicki, A., Zmudczyńska-Skarbek, K. M., Iliszko, L., & Stempniewicz, L. (2013). Guano deposition and nutrient enrichment in the vicinity of planktivorous and piscivorous seabird colonies in Spitsbergen. *Polar Biology*, *36*(3), 363–372. https://doi.org/10.1007/s00300-012-1265-5

Capítulo 1

Abundância, dieta e interações tróficas entre *Nannopterum brasilianum* e pescarias artesanais do Sistema Estuarino de Laguna, Santa Catarina, Brasil

Resumo: No Sistema Estuarino de Laguna, litoral sul de Santa Catarina, Brasil, os biguás (*Nannopterunm brasilianum*) são aves piscívoras e residentes da região. Preocupações sobre possíveis impactos da espécie sobre a pesca permeiam as comunidades tradicionais da região dados os relatos de um possível aumento populacional desta espécie. A população de biguás flutua sazonalmente no estuário com picos durante o outono-inverno (máximas de 7348 adultos estimados), coincidindo com temporada reprodutiva na região e o estabelecimento de colônias reprodutivas. Através de 201 amostras de regurgitos (egagrópilas) e análises de otólitos, verificamos uma dieta diversa com predominância de peixes da família Ariidae, Engraulidae, Scianidae, Gereridae e Atherinopsidae. Avaliamos também um tamanho médio de presas de 128,7 ±67,6mm e um consumo diário de biomassa de 382,2 ±23,57g, exibindo um consumo mensal médio de 52.03 ± 18.7 ton durante os três anos amostrados. A dieta de biguás no SEL apresentou ser diversificada com a espécie consumindo igualmente peixes demersais e pelágicos, entretanto com flutuações temporais ao longo do ano. Avaliamos que os biguás podem competir com pescadores artesanais por recursos pesqueiros menores, entretanto seus impactos ambientais e na população de peixes do SEL, através da predação, ainda são desconhecidos. Depois de mais de uma década, apresentamos aqui novos resultados sobre a ecologia trófica de *N. brasilianum* no Sul do Brasil e comparamos com dados de pescarias artesanais de Laguna, para futuras atividades de manejo e conservação da biodiversidade na região.

Abstract: Laguna Estuarine System, located on the southern coast of Santa Catarina, Brazil, cormorants (*Nannopterum brasilianum*) are piscivorous birds and residents of the region. Concerns about the possible impacts of the species on fishing permeates the traditional communities in the area given reports of a possible population increase of this species. The population of cormorants fluctuates seasonally in the estuary, with peaks during the fall-winter season

(maximum estimates of 7,348 adults), coinciding with the reproductive season in the region and the establishment of breeding colonies. Through 201 regurgitate samples (pellets) and otolith analyses, we verified a diverse diet with a predominance of fish from the families Ariidae, Engraulidae, Scianidae, Gerreidae, and Atherinopsidae. We also assessed an average prey size of 128.7 ±67.6 mm and a daily biomass consumption of 382.2 ±23.57 g, exhibiting an average monthly consumption of 52.03 ±18.7 tons during the three sampled years. The diet of cormorants in the SEL proved to be diverse, with the species equally consuming demersal and pelagic fish, albeit with temporal fluctuations throughout the year. We evaluated that cormorants may compete with artisanal fishers for smaller fishing resources; however, their environmental impacts and effects on the SEL fish population through predation are still unknown. After more than a decade, we present here new findings on the trophic ecology of *N. brasilianum* in southern Brazil and compare them with data from artisanal fisheries in Laguna, for future management and biodiversity conservation activities in the region.

Palavras-chave: Biguá, dieta, ecossistema estuarino, pesca artesanal, Santa Catarina.

Introdução

Aves da família Phalacrocoracidae são amplamente distribuídas pelo mundo e conseguem sobreviver em uma diversidade de habitats e condições ambientais (Barquete et al., 2008; Dantas et al., 2012; Boyd et al., 2015; Magath et al., 2016). São aves majoritariamente piscívoras que complementam sua dieta com crustáceos e moluscos (Barquete et al., 2008; Branco et al., 2009; Oliveira et al., 2019), exibem plasticidade no uso de recursos alimentares e são abundantes dentre suas regiões de distribuição (Azevedo, 1995; Branco, 2002; Barquete et al., 2008; Da Silva et al., 2018; Harding & Mesler, 2022). Os hábitos generalistas e oportunistas desta espécie em conjunto com sua exímia capacidade em nadar e capturar suas presas, fazem destas aves um sucesso biológico e potenciais competidoras por recursos (Engström, 2001; Ceia & Ramos, 2015; Craig et al., 2016; Ovegård et al., 2021; Harding & Mesler, 2022).

Os biguás (*Nannopterum brasilianum*), também conhecidos pelos nomes de '*Neotropic cormorant*' ou mergulhão, são aves distribuídas por toda região neotropical, deste do Arizona no, Estados Unidos, até o sul da Argentina (Sick et al., 1997; Kennedy & Spencer, 2014). A dieta destas aves possui relação com as abundâncias de peixes e sua preferências por determinadas presas, principalmente presas demersais e juvenis (Kalmbach & Becker, 2005; Barquete et al., 2008; Branco, Evangelista, & Lunardon-Branco, 2009; Muñoz-Gil et al., 2013; Oliveira et al., 2019), entretanto, na última década, estudos sobre a dieta de *N. brasilianum* dentro do território brasileiro se mantiveram escassos.

Regiões costeiras e estuarinas representam áreas importantes para o forrageamento e estabelecimento destas aves devido à intensa produtividade primária e presença de berçários para a vida marinha, no que promove recursos abundantes (MacLusky et al., 2004). Harding e Mesler (2022) caracterizaram as abundâncias sazonais e as variações nos padrões de forrageamento de uma população de *N. brasilianum* no Arizona, Estados Unidos, entretanto, no Brasil, a ultima avaliação como esta ocorreu há mais de uma década na Lagoa dos Patos no sul do Brasil por Barquete et al. (2008). Em alguns países, as relações entre aves da família Phalacrocoracidae e seus respectivos ambientes são complexas. Na Europa, as espécies de cormorões lá presentes são abundantes e suas colônias reprodutivas geram impactos ambientais, como depleção de recursos aquáticos e impactos na economia pesqueira (I. Russell & Carss, 2012; Marzano et al., 2013; Carss, 2022). No Brasil ainda não há relatos sobre possíveis impactos desta espécie nas diversas regiões que o território brasileiro abrange, entretanto existe a perspectiva por parte de muitas comunidades costeiras de que *N. brasilianum* é uma ave abundante e usufrui de muitos recursos, podendo competir com as pescarias destas regiões (Branco, 2001; Barquete et al., 2008a).

O Sistema Estuarino de Laguna é uma região de grande importância ecológica, econômica e cultural para o Sul do Brasil, inserida na Área de Preservação Ambiental da Baleia Franca, com cerca de 7000 pescadores girando a economia e ambientes estéticos que favorecem o turismo, inclusive com a interação endêmica do boto-pescador (Daura-Jorge et al., 2012; Simões-

Lopes et al., 1998; Sunye et al., 2014), todos serviços ecossistêmicos que geram benefícios para a região (Barbier et al., 2011; Costanza et al., 2017; Rodrigues-Filho et al., 2023). Sendo assim, entender os aspectos alimentares e populacionais de *N. brasilianum* no SEL nos permite entender sobre os papeis ecológicos desta espécie, abrindo espaço para futuras investigações sobre os possíveis impactos de *N. brasilianum* em ambientes costeiros, como o SEL (Gil-Weir et al., 2011; Magath et al., 2016; Hostetter et al., 2022; Rodrigues-Filho et al., 2023).

Este estudo tem como objetivo determinar a composição taxonômica e os tamanhos de presas presentes na dieta de *N. brasilianum*, assim como avaliar as estratégias alimentares da espécie e, por fim, entender sobre as interações de *N. brasilianum* com as pescarias artesanais do SEL.

Material e Métodos

Área de estudo

A dieta de *N. brasilianum* foi avaliada através de amostras de regurgitos (pelotas ou egagrópilas) coletadas mensalmente no dormitório da Lagoa do Nóca durante os anos de 2021, 2022 e 2023. A coleta foi realizada por busca ativa dentro do dormitório, logo após a saída do bando. O transecto linear percorrido foi de aproximadamente 450 metros, contemplando parte da extensão do dormitório. Cada pelota foi considerada uma unidade amostral da dieta do Biguá, assumindo que uma pelota é produzida por dia expressando uma amostra diária do que o animal se alimentou.

Censos populacionais

Contagens quinzenais foram realizadas durante os meses de 2021, 2022 e 2023 com as sessões iniciando ao nascer-do-sol e terminando até que toda população tenha voado para seus sítios de forrageamento. Os pontos de observação foram situados a 450 metros do dormitório da Lagoa do Nóca, na rodovia SC-310, local que favorece a observação das aves durante o voo e possui um campo de visão total do dormitório. As contagens foram realizadas com auxílio de binóculos 8x42mm e contador mecânico. Durante as colônias reprodutivas, os casais frequentemente viajavam para coletar material para

ninhos ou alimento para seus parceiros sexuais e filhotes, sendo assim, a intensidade de aves entrando e saindo do ninhal tornavam as contagens impossíveis de se realizar. Portanto, durante os períodos reprodutivos, a população reprodutiva de biguás foi estimada através do número total de ninhos em cada mês das colônias reprodutivas. Concomitantemente, foi estimada a população de adultos não reprodutivos através da observação da plumagem reprodutiva de aves empoleiradas durante o dia ao longo do SEL, principalmente no canal dos molhes, centro histórico e adjacências da lagoa do Nóca. Através destes levantamentos, foi possível calcular a proporção de adultos não reprodutivos em diversos momentos do período reprodutivo.

Avaliação da dieta

A produção diária de pelotas pode variar de acordo com as condições fisiológicas dos biguás e sucesso alimentar, como no estudo de McKay et al. (2003), no qual foi avaliado uma produção de 0,69 pelotas por dia em cormorões de cativeiro. Para reduzir o viés metodológico por perda ou omissão de otólitos (McKay et al., 2003; Boström, Östman, et al., 2012) foram coletadas pelotas frescas e intactas (Figura 5), aquelas com mucosa úmida e sem sinais de destruição por animais ou danos por queda. As amostras foram armazenadas e congeladas até a fase laboratorial.

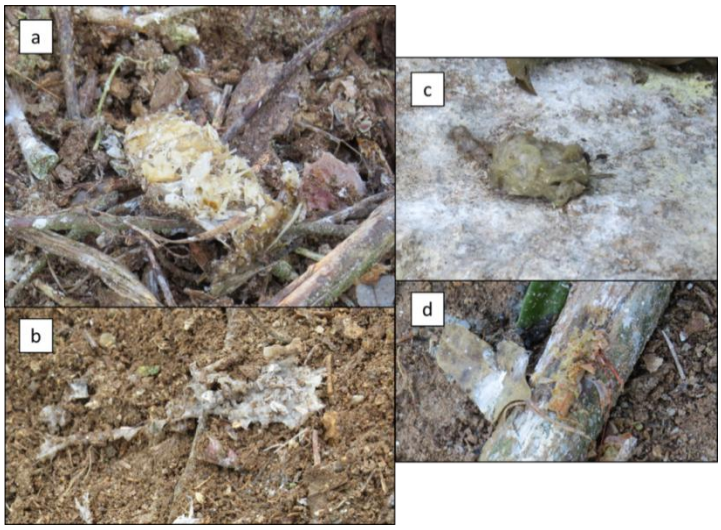


Figura 5. Imagens de amostras frescas, intactas e conteúdos regurgitados espontaneamente. a- Pelota não fresca e íntegra, b- pelota não fresca e com danos, c- Pelota fresca e íntegra, d- Pelota fresca, porém com danos por queda.

Diversas aves marinhas regurgitam remanescentes duros de seus itens alimentares, que podem ser coletados, separados e identificados dependendo

do tipo remanescente. Como por exemplo, podemos encontrar otólitos, mandíbulas de peixe e exoesqueleto de crustáceos, permitindo a identificação destes itens alimentares na dieta destas aves (Barquete et al., 2008; Ibañez et al., 2022; Tette Pomárico et al., 2020). Sendo assim, na fase laboratorial as pelotas foram lavadas com água corrente em três peneiras granulométricas, de 1mm, 0.5mm e 63µm, e depois levadas à lupa para a separação destes remanescentes duros de itens alimentares (Figura 6a). Apenas otólitos e exoesqueleto de crustáceos foram usados para as contagens e identificação de itens alimentares, seguindo o atlas de otólitos de Rossi-Wongtschowski *et al*. (2016), enquanto outras estruturas ósseas foram apenas consideradas quando houve ausência de otólitos na amostra. Otólitos são três estruturas calcárias (*Sagitta*, *Lapillus* e *Asteriscus*) encontradas na cabeça de teleósteos e consideradas ferramentas de extrema importância no entendimento da vida de peixes, pois apresentam alta especificidade morfológica e diversas aplicações no campo da filogenia, sistemática e ecologia (Assis, 2001; Campana, 2004).

Para a identificação de itens alimentares na dieta de aves piscívoras, considera-se o tipo de otólito *Sagittae* que é o mais comum e conspícuo, assim como é importante o índice de desgaste que consiste nos seguintes graus (Recchia e Reed, 1989): (I) **Intactos**, otólitos sem nenhum grau de desgaste e extraídos dos próprios peixes. (II) **Mínimo**, otólitos com desgastes leves, *sulcus acusticus* e borda bem visíveis. (III) **Moderado**, otólito com *sulcus acusticus* visível e borda levemente desgastada. (IV) **Elevado**, *sulcus acusticus* desgastado e borda original totalmente desgastada. (V) **Total**, otólitos com *sulcus acusticus* e bordas excessivamente desgastados. *Sulcus acusticus* é uma depressão longitudinal no meio da porção dorsal do otólito (Figura 6b) e varia de acordo com a espécie de peixe (Campana, 2004; Rossi-Wongtschowski et al., 2016; Haimovici et al., 2023). Todos os pares *Sagitta* (exceto *Genidens* spp., que utiliza-se os *Lapillus)* foram mensurados sob lupa digital e obtidos os comprimentos totais (OL) e altura do otólito (OW) seguindo (Corrêa & Vianna, 1992) (Figura 6b).

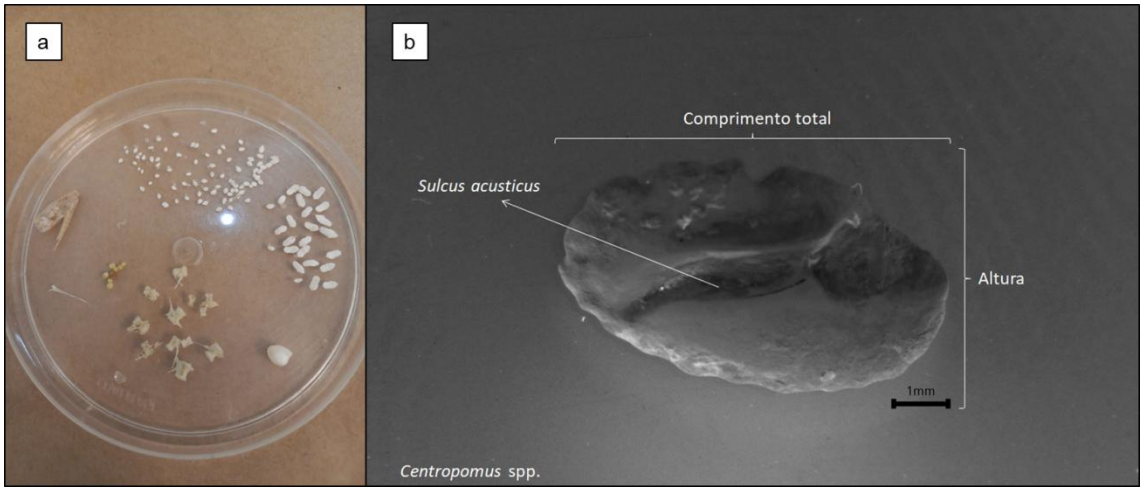


Figura 6. Imagem (a) ilustrando a triagem de remanescentes duros e (b) biometria e orientação de otólitos.

Composição da dieta e distribuição das frequências de tamanhos corporais

A composição de presas na dieta de *N. brasilianum* foi mensurada através da Frequência de ocorrência ($\%FO$); e Frequência numérica ($\%N$):

$$\%FO = Ni/N * 100 \qquad (1)$$

$$\%N = Ri/R * 100 \qquad (2)$$

Onde, Ni representa o número de amostras na qual a presa i ocorreu e N o número total de amostras. Já, Ri representa o número total de presas i em todas as amostras e, R o número total de presas. As presas também foram identificadas de acordo com seu hábito na lacuna d'água, dentre pelágico e demersal. Foi apenas possível calcular a frequência de ocorrência de crustáceos devido à dificuldade de identificar suas partes inteiras. Para avaliar o uso de recursos alimentares e suas estratégias alimentares, a amplitude de nicho foi calculada através da equação de Levins (1968) que avalia a uniformidade de presas callinectes na dieta de *N. brasilianum:*

$$\mathrm{B} = 1/(\sum(Ri)\text{^}2) \qquad (3)$$

A amplitude de nicho (B) foi padronizada em uma escala entre 0 e 1 de acordo com Krebs (2014, ver Capítulo 14.2):

$$\mathrm{Bs} = (\mathrm{B} - 1)/(R - 1) \qquad (4)$$

A estratégia de alimentação foi caracterizada através do método gráfico proposto por Amundsen et al. (1996), no qual relaciona as abundâncias especificas da presa *i* (P*i*) com suas respectivas frequências de ocorrência. A distribuição e posicionamento das presas no gráfico indicam a importância de cada presa para a população de Biguás, suas estratégias alimentares (especialistas ou generalistas) e a contribuição entre e dentro de fenótipos ("*within phenotype*" e "*between phenotype*"). O cálculo da P*i* ocorreu através da formula proposta por Amundsen et al. (1996):

$$Pi = (\sum Si)/(\sum Sti) * 100 \quad (5)$$

Onde, S*i* é o número total de indivíduos composto pela presa *i*, e Sti, o abundancia total de presas das amostras que possuem a presa *i*.

O comprimento total de presas foi calculado através de relações alométricas baseadas no comprimento dos otólitos *Sagitta* com desgastes do tipo I, II e III. As equações alométricas específicas de cada item alimentar ou suas regressões gerais para itens alimentares agrupados (ex. *Genidens* spp. *Engraulidae e Eucinostomus spp.*) foram retiradas de (Bugoni & Vooren, 2004; Barquete et al., 2008; Carvalho et al., 2015; Haimovici et al., 2023). Otólitos *sagitta* com grau de desgaste IV e V não foram considerados devido ao alto grau de desgaste, tamanho muito reduzido e impossibilidade de identificação.

Variação temporal da dieta

Para checar se houveram variações temporais da dieta de *N. brasilianum*, a matriz de abundância foi transformada à raiz quadrada a fim de reduzir a influência de espécies dominantes ou raras na dieta da ave (Anderson, 2001). Posteriormente, calculou-se a matriz de dissimilaridade de "Bray-Curtis" que foi usada para estimar as diferenças estatísticas mensais das às abundâncias de presas da dieta de *N. brasilianum* através de uma análise multivariada de variância permutacional (PERMANOVA; p = 0.05; Anderson, 2001). Confirmada as diferenças mensais na dieta, uma análise de espécies indicadoras (ISA) foi utilizada como teste *post-hoc* para identificar a contribuição de itens alimentares dentre os meses de coleta.

Dados de pesca artesanal

Dados mensais sobre a produção pesqueira foram extraídos do PMAP-SC (Projeto de Monitoramento de Atividade Pesqueira do Estado de Santa Catarina; Lema/Univali, 2024). Foram selecionados dados dentre os períodos de julho de 2021 a junho de 2023. O PMAP-SC fornece dados amostrais mensais de produção pesqueira no município de Laguna que contém informações do tipo de apetrecho utilizado, esforço total (por mês), produção de pescado (em kg) e número de descargas realizadas naquele mês. Em nível de comparação com a dieta de *N. brasilianum*, foram selecionadas apenas as pescarias artesanais I e II. Pesca artesanal tipo I; aquela realizada sem embarcação ou com embarcações de até 10 metros e pesca artesanal tipo II; com embarcações maiores que 10 metros e dotadas de casaria. Agrupamos ambos tipos para obter uma visão completa da produção de pescarias artesanais (Lema/Univali, 2024). Realizou-se uma correlação de Pearson entre a biomassa de peixes-alvo da pesca e a estimativa de biomassa consumida por biguás no SEL a fim de testar uma possível relação no consumo de peixes entre ambas partes.

Todos os testes estatísticos foram realizados no software R versão 4.2.3 (RStudio Team, 2020). Para testar diferenças populacionais durante os períodos reprodutivos e não reprodutivos, usou-se o teste de Kruskal-Wallis. Para a variação temporal da dieta, a análise de PERMANOVA foi realizada usando a função adonis2() do pacote ‘vegan’ (Oksanen et al., 2022), enquanto o test *post-hoc* foi realizado através da função multipatt() do pacote ‘indicspecies’ (Cáceres & Legendre, 2009).

Resultados

Censos populacionais

Os censos populacionais e as estimativas (número de adultos reprodutivos e não reprodutivos) realizadas durante o período amostral revelou padrões semelhantes nos três anos. Picos populacionais ocorreram durante o outono e inverno, enquanto as menores abundâncias ocorreram do final do inverno até o inicio do verão. As menores abundâncias ocorreram no mês de

Setembro de 2021 com 1345 indivíduos e a maior abundância em Julho de 2023 com uma estimativa de 7348 indivíduos, uma população de 5040 adultos reprodutivos e 2308 juvenis. Puderam-se observar também três períodos de redução brusca na população da Lagoa do Nóca entre julho-setembro/2021 e julho-agosto de 2022 e 2023. O teste de Kruskal-Wallis demonstrou uma diferença estatisticamente significativa entre as estações reprodutivas e não reprodutivas (x^2 = 6.4788, p = 0.1092), destacando as variações sazonais na abundância de biguás.

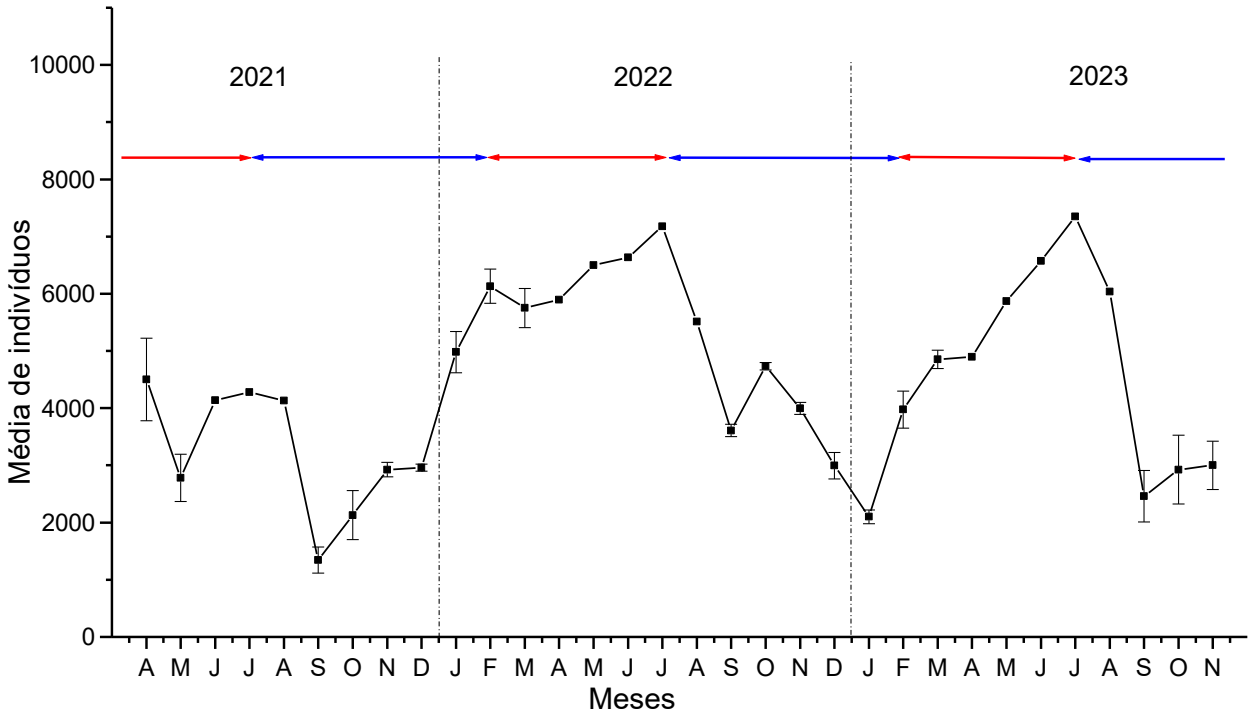


Figura 7. Flutuação temporal da abundância média mensal de *Nannopterum brasilianum*, no Sistema Estuarino de Laguna, nos anos de 2021, 2022 e 2023. Setas vermelhas indicam períodos de temporadas reprodutivas e azuis períodos não reprodutivos.

Composição da dieta e tamanho de presas

De um total de 201 amostras coletadas, 14% não apresentaram teleósteo como itens alimentares e 29% das amostras continham crustáceos. Das amostras que continham itens alimentares, 4494 itens foram triados com um número médio de 16.4 ±18.6 presas ingeridas por amostra, variando entre um e 118 itens alimentares. Devido aos respectivos graus de desgaste dos otólitos, 2396 itens alimentares foram identificados ao menor nível taxonômico possível. Trinta itens alimentares diferentes foram identificados e contemplados

em 17 famílias sendo Ariidae, Scianidae, Engraulidae, Gerreidae, Atherinopsidae, Mugilidae e Penaeidae os grupos taxonômicos de maior frequência de ocorrência na dieta de *N. brasilianum*. Os itens alimentares mais frequentes foram respectivamente os Bagres (*Genidens* sp.), Engraulídeos, Corvinas (*Micropogonias furnieri*), Peixe-Rei (*Atherinella brasiliensis*) e Escrivãozinhos (*Eucinostomus* sp.). Em termos de frequência numérica, os Biguás se alimentaram igualmente de presas demersais (54.9%) e presas pelágicas (45.1%), enquanto as espécies demersais estiveram presentes em 68.6% e pelágicas 50% das amostras (Tabela 1). Além de identificar a presença de crustáceos em 29.1% das amostras, duas amostras continham remanescentes de decápodas. Dos 376 exemplares de engraulídeos, foi possível identificar 188 exemplares de *Anchovia clupeoides*, 31 itens do gênero Anchoa, quatro *Anchoviella lepidentostole* e 153 itens não identificados devido ao alto grau de desgaste dos otólitos.

Dentre todos os itens alimentares identificados, 1541 itens obtiveram seus tamanhos retro calculados, contemplando 34,2% das presas consumidas por biguás e obtivemos os tamanhos de: *M. furnieri*, *Genidens* spp., *A. brasiliensis*, *Menticirrhus litorallis*, *M. americanus*, *Mugil* spp., *S. rastrifer, A. lepidentostole* e *Citarichthys spilopterus*. Engraulídeos foram as presas que apresentaram maior grau de desgaste e menor comprimento total de otólitos, com 43,1% dos otólitos desgastados e um comprimento total médio de 1,74 ±1,91mm.

O consumo médio de biomassa por amostra foi de 382,8 ±23,57g (n = 1279) com amostras variando entre 1,2g e 979,8g de biomassa consumida. *Nannopterum brasilianum* se alimentou de presas com tamanho médio de 128,70 ±67,76mm consumindo presas de 39mm a 326mm.

Amplitude de nicho e estratégia alimentar

A amplitude de nicho calculada para a dieta de *N. brasilianum* foi de B_s = 0,287. Na análise gráfica de Amundsen (1996), as presas que apresentaram maior abundância específica foram *Trachinotus* spp., *Menticirrhus americanus*, *Urophycis* spp., *Genidens* spp. e *Eucinostomus* spp., entretanto estas mesmas

presas apresentam diferentes distribuições no diagrama devido às suas respectivas frequências de ocorrência (Figura 8).

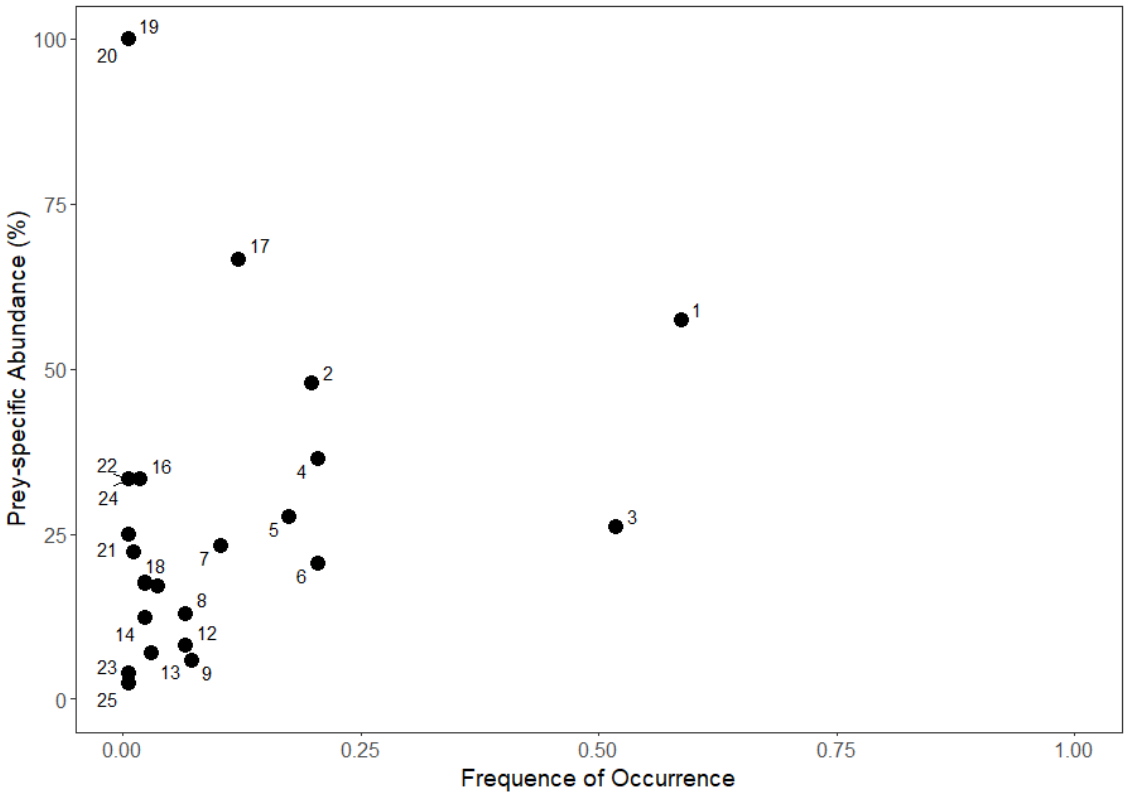


Figura 8. Análise gráfica das estratégias alimentares de *N. brasilianum*, seguindo Amundsen (1996). Pontos representam a posição relativa de cada espécie no gráfico: 1- Genidens spp., 2- Engraulidae, 3- *Micropogonias furnieri*, 4- Eucinostomus spp., 5- *A. brasiliensis*, 6- M. curema, 7- M. liza, 8 – *D. rhombeus*, 9- *S. brasiliensis*, 10- *C. spilopterus*, 11- Ctenogobius spp., 12- Centropomus spp., 13- *P. isoceles*, 14- *S. rastrifer*, 15- *M. litorallis*, 16- *Saurida brasiliensis*, 17- Urophycis spp., 18 – e.n.i., 19- Trachinotus spp., 20- *M. americanos,* 21- *P. brasiliensis*, 22- Cynoscion spp., 23- Ctenosciane spp., 24- Strongylura spp., 25- *Achirus lineatus*.

Tabela 1. Abundâncias numéricas (n) sazonais de presas na dieta de *N. brasilianum* (Inv – Inverno, Pri – Primavera, Ver – Verão, Out - Outono); Frequência de ocorrência (%FO), Abundância específica da presa *i* (*Pi*), Comprimento médio da presa (mínimo – máximo), Comprimento mínimo para a pesca capturar (L_{min} pesca), Hábito alimentar (demersal ou pelágico), Uso de *habitat* (E/M – estuarino marinho, E – Estuarino, M – Marinho).

Família	Espécies	Abundâncias sazonais (n°)								n total	FO (%)	*Pi* (%)	Cm (min-máx)	L_{min} pesca (mm)	Hábito alimentar	Uso de *habitat*
		2021				2022		2023								
		Inv	Pri	Ver	Out	Inv	Pri	Ver	Out							
Peixes																
Ariidae	*Genidens* spp.*	37	56	49	12	48	201	188	272	863	58	57	128 (35-326)[c]	200	Dem	E/M
Engraulidae	*A. clupeoides**	41	39	19	11	216	4	2	44	376	19	47	42 (26-99)[c]	-	Pel	E/M
Scianidae	*M. furnieri*	107	65	28	5	31	9	34	29	308	51	26	138 (37-273)[d]	250	Dem	E/M
Gerreidae	*Eucinostomus spp.**	2	57	17	13	32	11	8	103	243	20	36	80 (37-155)[d]	-	Pel	E/M
Atherinopsidae	*A. brasiliensis*	1	6	8	41	106	5	20	7	194	17	27	75 (47-158)[a]	100	Pel	E
Mugilidae	*M. curema*	7	36	19	11	216	4	2	60	168	20	20	127 (46-297)[b]	350	Pel	E/M
Mugilidae	*M. liza*	1	4	1	3	0	0	46	24	79	23	23	127 (46-297)[b]	350	Pel	E/M
Gerreidae	*D. rhombeus*	0	1	15	3	0	0	0	25	44	6	12	-	-	Pel	E/M
Gobiidae	*Ctenogobius* spp.	0	1	0	12	0	7	0	12	32	2	17	-	-	Pel	E/M
Clupeidae	*S. brasiliensis*	1	0	4	1	15	0	0	2	23	7	5	-	-	Pel	E/M
Centropomidae	*C. paralellus*	1	2	0	4	0	5	1	5	18	6	8	-	-	Pel	E/M
Paralichthydae	*C. spilopteus*	0	0	0	3	1	8	3	2	17	3	17	97 (46-157)[d]	-	Dem	E/M
Paralichthydae	*P. isoceles*	0	0	0	0	4	2	1	0	7	3	7	-	-	Dem	E/M
Scianidae	*S. rastrifer*	0	0	0	0	4	2	0	0	6	2	12	96 (44-147)[d]	-	Dem	E/M
Scianidae	*M. litoralis*	2	0	0	0	0	1	0	0	3	0.6	17	214 (186-234)[d]	-	Dem	M
Synodontidae	*S. brasiliensis*	0	0	0	0	2	0	0	1	3	1.8	33	-	-	Dem	M
Scianidae	*M. americanus*	0	0	0	0	1	1	0	0	2	0.6	100	152 (151-154)[d]	-	Dem	E/M
Carangidae	*Trachinotus* spp.	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0.6	100	-	-	Pel	E/M
Urophycidae	*Urophycis* spp.	0	0	0	0	0	2	0	0	2	0.6	66	-	-	Dem	E/M
Achiridae	*A. lineatus*	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0.3	2	-	-	Dem	E/M
Belonidae	*Strongylura* spp.	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0.3	33	-	-	Pel	E/M
Scianidae	*P. brasiliensis*	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0.6	25	-	-	Dem	E/M
Scianidae	*Cynoscion* spp.	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0.6	33	-	-	Pel	E/M
Scianidae	*Ctenosciane* spp.	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0.6	4	-	-	Dem	E/M
	e.n.i.	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0.6	22	-	-	-	-
Crustáceos														-		
Penaeidae	*Farfantepenaeus spp.*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	29.1	-	-	-	Dem	E/M
Portunidae	*Callinectes spp.*	-	-	-	-	-	-	-	-	2	0.9	-	-	-	Dem	E

*Espécies agrupadas devido à não identificação de otólitos ou desgaste de otólitos: *Genidens* spp.: *Genidens genidens* e *Genidens barbus*; *Eucinostomus* spp.: *Eucinostomus argetenaeus*, *Eucinostomus gula*, *Eucinostomus melanopterus*; Engraulidae: *Anchoa* spp., *Anchoviella lepdentostole*, *Anchovia clupeoides*. Comprimentos totais médios calculados a partir de relações alométricas entre os comprimentos totais de peixes e comprimento do otólito: [a]Bugoni e Voreen, 2004; [b](Naves, 1999; Barquete et al., 2008); [c]Carvalho et al., 2014; [d]Haimovici et al., 2023.

Variação temporal

Os resultados da PERMANOVA indicaram que houve variação temporal na dieta de *N. brasilianum* (p = 0.001, F = 3.031, perm = 999) (Tabela 2). A ISA revelou a contribuição significativa de alguns itens alimentares ao longo do período amostral, no qual, *Genidens* spp., *M. furnieri* e *M. curema* destacaram-se com associações significativas em respectivamente, 14, 11 e 8 dos 19 meses analisados. *Eucinostomus* spp., Engraulídeos e *A. brasiliensis* também obtiveram associações significativas em meses distribuídos por todo o período amostral (Tabela 3). *Mugil liza* apresentou associação significativa durante o verão de 2022 e 2023, enquanto *Saurida brasiliensis* apresentou associação significativa durante os meses de Agosto de 2022 e Junho de 2023 sendo um item alimentar de baixa frequência de ocorrência.

Tabela 2. Resultados da Análise de perMANOVA para variação na dieta de *Nannopterum brasilianum* entre os meses dos anos de 2021, 2022 e 2023.

Fator	GL	SS	R^2	F	Pr(>F)
Meses	19	33.107	0.30076	3.3051	0.001*
Resíduos	146	76.972	0.69924		
Total	165	110.080			

GL = Graus de liberdade, SS = Soma dos quadrados, R^2 = Coeficiente de determinação, F = Estatística F, Pr(>F) = valor p para a Estatística F.

Tabela 3. Análise de Espécies Indicadoras (ISA). Associação entre os padrões de abundância de presas e a combinação de grupos amostrais (Meses).

Item alimentar	Estatística	A*	B*	p-valor	Grupos amostrais (Meses)
Saurida brasiliensis	0.500	1	0.25	0.04	Ago/22, Jun/23
S. brasiliensis	0.499	0.748	0.333	0.02	Jan/21, Set/22, Jun/23
Mugil liza	0.576	0.841	0.393	0.005	Fev/22, Jan/23, Fev/23
Engraulídeos	0.644	0.645	0.642	0.005	Jul/22, Set/22, Mai/23, Jun/23
A. brasiliensis	0.602	0.760	0.476	0.005	Dez/2021, Abr/22, Set/22, Dez/22, Fev/22
Eucinostomus spp.	0.673	0.815	0.555	0.005	Nov/21, Jan/22, Ago/22, Dez/22, Mai/23, Jun/23

Mugil curema	0.579	0.868	0.387	0.02	Ago/21, Out/21, Dez/21, Abr/22, Nov/22, Fev/23, Abr/23, Maio/23
M. furnieri	0.753	0.800	0.709	0.03	Jul/21, Ago/21, Out/21, Nov/21, Dez/21, Jan/22, Fev/22, Jul/22, Jan/23, Fev/23, Maio/23
Genidens spp.	0.820	0.925	0.726	0.005	Jul/21, Out/21, Dez/21, Jan/22, Fev/22, Ago/22, Out/22, Nov/22, Dez/22, Jan/23, Fev/23, Mar/23, Abr/23, Mai/23

*A = IndValA, B = IndValB

Produção pesqueira do SEL

A pesca artesanal do SEL, praticada tanto dentro do sistema estuarino e em regiões costeiras adjacentes à cidade de Laguna, registrou a captura de 39 tipos diferentes de pescados (não incluindo aqui o grupo dos Elasmobranchii). Durante o período de amostragem, as pescarias artesanais de Laguna alcançaram uma produção total de aproximadamente 13 mil toneladas de pescados. Entre as espécies frequentemente capturadas, destacam-se os siris (4752 toneladas; 36,2%), tainhas (3459 toneladas; 26,4%), camarões (1676 toneladas; 12,8%) e corvinas (884 toneladas; 6,7%) (Figura 9).

Ao comparar as espécies de presas consumidas por biguás com as espécies-alvo das pescarias artesanais, observamos que 12 das espécies alvo da pesca também estão presentes na dieta dos biguás. No entanto, nota-se que presas dominantes na dieta de *N. brasilianum*, como os bagres (*Genidens* spp.), engraulídeos e gerreídeos, não são peixes visados pela pesca. Em contrapartida, corvinas, camarões (encontrados em 29,1% das amostras da dieta de biguás) e tainhas são presas que se sobrepõem às espécies-alvo das pescarias artesanais. Considerando apenas as espécies que ocorrem em ambas as partes, não houve relações entre a biomassa consumida por biguás e produção pesqueira ($t = -0,1$; $p = 0.9$).

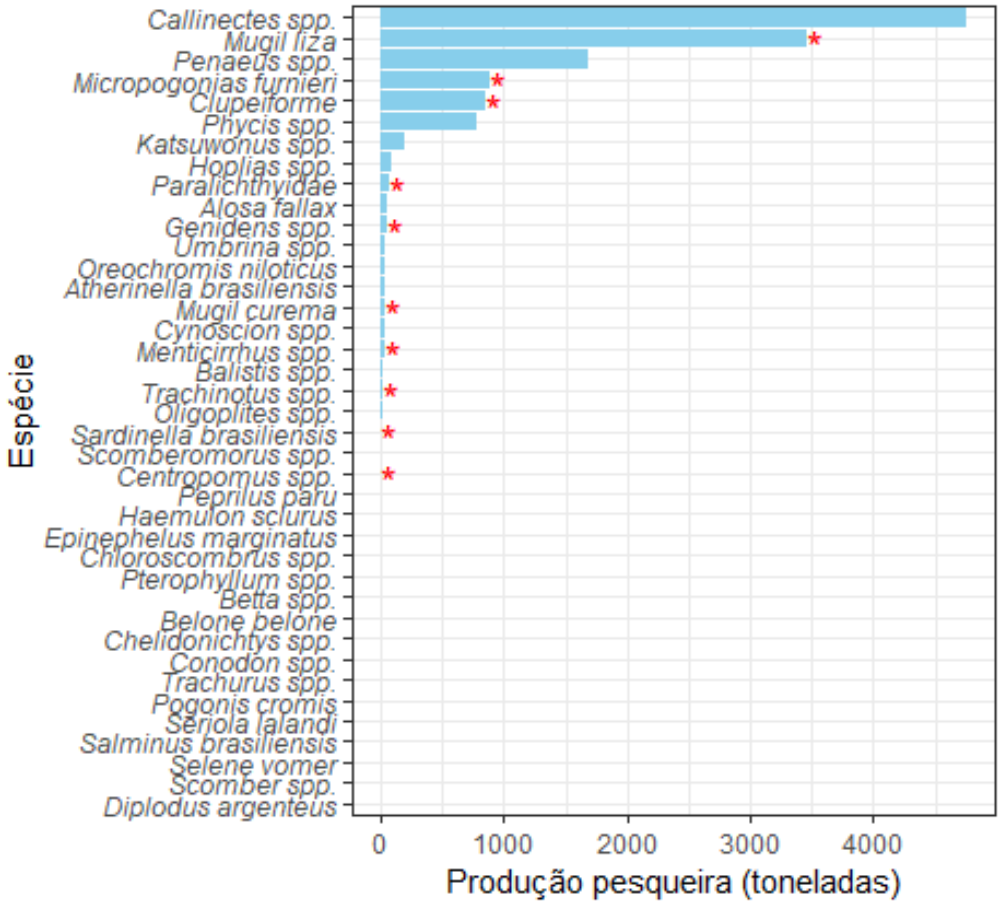


Figura 9. Produção pesqueira (em toneladas) de pescarias artesanais I e II, durante os anos de 2021, 2022 e 2023, no Sistema Estuarino de Laguna. (*) Asteriscos vermelhos indicam espécies consumidas por *N. brasilianum.*

Discussão

Padrões de abundância

Neste estudo, a população de *N. brasilianum* do SEL apresentou um padrão em suas flutuações de abundância com aumentos gradativos no início do verão e outono, picos durante o final do outono e inverno e quedas bruscas nos períodos de julho a setembro, resultando em abundâncias reduzidas durante a primavera. Entretanto, as abundâncias de 1300 ou 1900 indivíduos durante os meses de setembro de 2021 ou janeiro de 2023, ainda são números elevados quando comparados com as abundâncias máximas de 650 na região do Saco da Fazenda, Santa Catarina (Branco, 2002); 1390 na Lagoa dos Partos, sul do Brasil (Barquete et al., 2008); 518 na porção norte da Bacia Amazônica (Silva et al., 2014). Observou-se que as quedas repentinas foram resultados de migrações de adultos reprodutivos e adultos imaturos após o

período reprodutivo e sucesso da prole, entretanto o destino final ou direção destas migrações ainda são desconhecidos. Barquete et al. (2008) e Branco et al. (2009) já discutiam tais migrações e associavam as flutuações à questões relacionadas a sítios de forrageamento e colônias reprodutivas. As baixas abundâncias de *N. brasilianum* durante o período de Março à Julho encontrado por Branco et al. (2002), Barquete et al. (2008) e Silva et al (2014) podem corroborar com eventos reprodutivos no litoral de Santa Catarina, como exemplo do SEL. Entretanto, relatos de pescadores indicam que a colônia reprodutiva de *N. brasilianum* no SEL passou a ocorrer, em conjunto com os aumentos populacionais, a partir de 2015. Neste sentido, questões podem ser levantadas sobre o histórico da distribuição de colônias de *N. brasilianum* e suas variáveis associadas, dentre elas a disponibilidade de recursos nas próximidades destas colônias, urbanização, fatores antrópicos (Sheehan et al., 2016) e parâmetros abióticos que podem influenciar a sobrevivência de filhotes e o sucesso da colônia, como temperaturas extremas (Quintana et al., 2022).

Composição da dieta e tamanho de presas

No presente estudo, biguás exibiram uma dieta ampla com 29 itens alimentares distribuídos em 15 famílias com teleósteos sendo o principal item alimentar. O consumo majoritário de peixes por *N. brasilianum* é observado em outras regiões da América, inclusive no Brasil, Venezuela e Argentina (Barquete et al., 2008; Casaux et al., 2009; Alarcón et al., 2012; Gil-Weir et al., 2011; Tette Pomárico et al., 2020). A presença de crustáceos das famílias Penaeidae e Portunidae também corrobora com diversos outros estudos e indica que *N. brasilianum* utiliza destes recursos ou para complementar sua dieta ou são digeridos de forma indireta através de suas principais presas (Chaves & Vendei, 1996; Mendoza-Carranza & Vieira, 2008; Barquete et al., 2008; Alarcón et al., 2012; Muñoz-Gil et al., 2013). Camarões e siris são recursos importantes para as pescarias artesanais do SEL e suas presenças na dieta de *N. brasilianum* podem também estar associado à descartes provindo destas comunidades que possuem uma atividade muito intensa no SEL (Branco, 2001; Sunye et al., 2014; Piazza et al., 2021).

O uso de conteúdos estomacais ou espontaneamente regurgitados são os melhores métodos para se avaliar os tamanhos de presas consumidas por biguás que fornecem medidas precisas devido ao baixo estado de digestão das presas, porém são métodos altamente invasivos para o animal (Barrett et al., 2007). Apesar de existir desafios no uso de metodologias não invasivas e não letais, egagrópilas fornecem informações importantíssimas sobre a ecologia trófica de cormorões. Dentre os possíveis vieses metodológicos no uso de pelotas para avaliar a dieta de aves marinhas, omissão de remanescentes de presas pequenas, perda de remanescentes ou ausência de relações alométricas de presas em determinados sítios amostrais (Barquete et al., 2008; Tette Pomárico et al., 2020). O crescimento de populações de peixes, formato de otólitos e suas relações alométricas são informações específicas de localidade específicas e devem ser usadas com cautela (Barret et al., 2011).

As diferentes classes de tamanho (35-326mm) de itens alimentares pertencentes ao gênero Genidens na dieta de *N. brasilianum* indica que esta ave usufrui deste recurso alimentar durante todas suas fases de vida. Com tamanhos de 45mm, *Genidens genidens* ainda possui o saco vitelínico, e pequena capacidade de movimentação; com tamanhos de 55mm o saco vitelínico já foi absorvido e os juvenis conseguem se locomover nas proximidades do substrato e, por fim, com comprimentos médios de 180mm, fêmeas já se encontram no tamanho de sua primeira maturação (L_{50}) (Barbieri et al., 1992). A abundância de indivíduos juvenis na dieta de *N. brasilianum* também pode estar associada à inexperiência dos juvenis e facilidade de serem capturados (Van Eerden & Carss, 2012). Barquete et al., (2008) sugere que os Biguás escolhem suas presas de acordo com abundância e exibem um trade-off entre o consumo de inúmeros itens alimentares pequenos ou poucas presas grandes (tamanho máximos 300mm, limite este associado à capacidade de ingerir presas), corroborando com a pequena quantidade de peixes maiores que 200mm encontrados na dieta de *N. brasilianum* no SEL. Presas menores que 60mm também são frequentemente consumidas pela população de *biguás* (ver Cap. 3) e podem ter sido omissas pelo método utilizado para avaliar a dieta (Barret, 2007). Ainda, a presença de presas maiores que 300mm pode estar associada ao descarte de carcaças por pescadores artesanais que

limpam os pescados nas adjacências do SEL e viabilizam recursos alimentares para aves marinhas, principalmente para os Biguás (Barbieri & Pinna, 2006; Branco, 2001).

Os tamanhos de presas consumidas por *N. brasilianum* em sua maioria são menores que os tamanhos discutidos pela Instrução normativa MMA n° 53/2005 que estabelece os tamanhos mínimos de captura de espécie marinhas e estuarinas no sul do Brasil. Entretanto, apesar de nossos dados fornecerem informações de que *N. brasilianum* consomem indivíduos de tamanhos menores que a pesca artesanal ou industrial e tamanhos menores que L_{50}, é possível que em regiões específicas das quais corpos d'água são limitados, ou produções de pescados sujeitas à confinamento, *N. brasilianum* pode gerar impactos na comunidade de peixes ou gerar perdas econômicas para os produtores de camarão ou pescados (Engström, 2001). Do contrário, a predação de indivíduos com tamanho corporal aquém de L_{50}, não necessariamente geram impactos negativos na comunidade de peixes, mas do contrário, podem favorecer a comunidade de peixes através de controles populacionais dependentes de densidade ou o controle de presas exóticas (Alarcón et al., 2012; Casaux et al., 2012; Ovegård et al., 2021). Casaux et al. (2012) considerou que os impactos da dieta de *N. brasilianum* são de menor importância no rio Carrileufu na Argentina, assim como, Alarcón et al. (2012) discute a capacidade de *N. brasilianum* em tolerar os efeitos causados pela introdução de uma espécie de peixe exótica e preda-las no rio Lymar, também situado na região da Patagônia, Argenta. Poucos estudos indicam efeitos predatórios significativos de *N. brasilianum* sob comunidades de peixes, porém é importante ressaltar que espécies de cormorões do hemisfério norte, como *Phalacrocorax carbo* e *Nannopterum auritum* (Keith, 1995; Wires & Cuthbert, 2006; Taylor et al., 2011; Carss et al., 2012; I. Russell & Carss, 2012; Van Eerden & Carss, 2012; Marzano et al., 2013; Kolb et al., 2015; Wires, 2015; Carss, 2022; Dorr et al., 2022; Ludwig et al., 2023).

Estratégia alimentar e amplitude de nicho

Os Biguás são aves generalistas que usufruem de uma série de

recursos alimentares ao longo de toda a sua ampla distribuição nas Américas e, no SEL, a espécie também apresenta plasticidade no uso de recursos alimentares exibindo proporções equivalentes de presas demersais e pelágicas (Kalmbach & Becker, 2005; Barquete et al., 2008; Branco, Evangelista, & Lunardon-Branco, 2009; Oliveira et al., 2019; Tette Pomárico et al., 2020; Ovegård et al., 2021). A composição da dieta e a análise gráfica da estratégia alimentar também reforçam os comportamentos generalistas e oportunistas da espécie, entretanto o cálculo da amplitude de nicho diz o contrário.

A baixa amplitude de nicho calculada de B_s = 0.287, caracteriza a população de *N. brasilianum* do SEL como especialista, porém este valor pode representar apenas uma resposta de poucos itens alimentares serem utilizados em altas frequências, como discutido por Barquete et al. (2008) e Tette-Pomaricó et al. (2020). Ambos autores também obtiveram baixas amplitudes de nicho (respectivamente B_s = 0.056 e B_s = 0.02) e discutem que *N. brasilianum* se aproveita de presas mais abundantes e que sua dieta pode refletir as flutuações na disponibilidade de presas em determinadas escalas temporais. Especialização individual na dieta, ou pelo menos em alguns níveis de comportamento, é um fenômeno comum dentre predadores generalistas, podendo ocorrer devido ao resultado de diferenças sexuais entre indivíduos, tamanho, dominância ou até mesmo experiência empírica da geografia ou comportamento de determinadas presas (Woo et al., 2008; Ceia & Ramos, 2015). Potier et al. (2015) por exemplo, revelou especialização individual no comportamento de forrageio em uma população de *Phalacrocorax carbo* (‘*Great cormorant*’) e destaca a presença de ambos tipos de indivíduos, aqueles altamente flexíveis e aqueles altamente consistentes em comportamentos de forrageio, reconhecendo que potenciais influências podem ser causadas por comportamentos sociais ou preferência por determinadas presas (Grémillet et al., 1998). Neste estudo, as especialização individual pôde ser observada com as contribuições de algumas espécies que apresentaram baixas frequências de ocorrências e abundâncias, espécies estas que foram indicadas pela análise gráfica de Amundsen et al. (1996) e também pela ISA, como por exemplo *Saurida brasiliensis* e *Menticirrhus litorallis*, ambas espécies marinhas.

Apesar de, neste estudo, não ser mensurado ou avaliada as preferências de *N. brasilianum* por sítios alimentares, observamos que a população de biguás no sistema estuarino de laguna tendem a se alimentar dentro do estuário e nas regiões próximas ao canal do molhes, com poucos indivíduos se alimentando no oceano quando comparado com toda a população de biguás do SEL. Neste sentido, a baixa frequência de espécies marinhas na dieta de *N. brasilianum* é uma questão a ser investigada futuramente com o uso de abordagens baseadas em habitat, levando em consideração o mosaico de habitats ocorrentes no SEL e seus atributos espaciais e temporais. As preferências dos Biguás por itens alimentares podem estar associadas a diferentes fatores como a previsibilidade das presas disponíveis, facilidade de acesso e abundância, sendo esta última exercendo fortes efeitos no sucesso de predação em cormorões de crista dupla, *Phalacrocorax auritus* uma espécie muito aparentada ao Biguá (Enstipp et al., 2007; Magath et al., 2015). Também, outro fator importante no sucesso de predação é a característica física do sedimento em áreas rasas que pode moldar a distribuição de presas demersais e aumentar a probabilidade de *N. brasilianum* em capturar as presas que dependem de determinados substratos, principalmente bagres e linguados/'*floanders*'(Barquete et al., 2008; Cosolo et al., 2010; Dantas et al., 2012). Neste sentido, a abundância e a capacidade de peixes das famílias Ariidae de se distribuir em diferentes habitats de acordo com suas fases ontogenéticas (Dantas et al., 2012) são fatores moldados pela heterogeneidade do SEL e pode explicar a maior frequência de bagres e outras espécies demersais na dieta de *N. brasilianum*.

Variação na composição da dieta

Dentre os itens alimentares identificados na dieta dos Biguás, *Genidens* spp., Engraulídeos, *Micropogonias furnieri*, Gerreídeos, *Citharichthys spilopterus* e Mugilídeos destacam-se por serem espécies abundantes em todo SEL, sendo suas distribuições fortemente associadas às flutuações nas condições ambientais do sistema (Monteiro-Neto et al., 1990; Sunye et al., 2014; Dantas et al., 2019; Frischknecht et al., 2023). Corvinas e Bagres foram itens alimentares importantes e que estiveram presentes em todos os meses

na dieta de *N. brasilianum*, sendo os Bagres a presa de maior frequência. A composição da dieta de *N. brasilianum* no SEL se aproxima à dieta de biguás na Lagoa dos Patos e regiões adjacentes, com uma composição muito parecida contendo corvinas, bagres, mugilídeos, engraulídeos e peixes da família Atherinopsidae (Barquete et al., 2008; Oliveira et al., 2019). No litoral norte de Santa Catarina, *N. brasilianum* apresentou uma dieta contendo principalmente bagres e engraulídeos (Branco et al., 2008). Já, nossos dados também corroboram com estudos fora do Brasil. Na Venezuela, em um sistema estuarino raso *N. brasilianum* apresentou uma dieta predominantemente de peixes da família Ariidae (32.2%), Engrauldiae (29.8%) e Gerreidae (10.1%), enquanto que na Colombia, predominou-se peixes da família Ariidae (93.7%) e continha mugilídeos (4.8%), cianídeos (1.1%) e engraulídeos (0.4%).

As variações temporais na composição de presas de *N. brasilianum* reforçam sua plasticidade no uso de recursos alimentares, mas também podem estar associadas às flutuações nas condições ambientais que influenciam toda a comunidade aquática do SEL (Meurer & Netto, 2007; Frischknecht et al., 2023). Assembléias de peixes em sistemas estuarinos podem ser abundantes e de diversidade variada, contendo espécies residentes durante todo o ano ou espécies sazonais que usufruem do estuário parte de sua vida (McLusky & Elliott, 2007). A ausência de peixes de água doce neste estudo pode ser explicado pela Lagoa do Nóca estar próxima às influências de águas oceânicas que possuem como características altos níveis de salinidade, fator de extrema importância na distribuição de espécies da família Ariidae (Dantas et al., 2012). Concomitantemente aos resultados deste estudo, Barletta et al. (2008) sugere que as diferentes concentrações de peixes em estuários pode ocorrer devido aos períodos de chuva que permitem que espécies de água doce usufruam de água estuarinas. Serão necessárias amostragens da dieta de *N. brasilianum* em dormitórios distribuídos pelas três lagoas do SEL para responder se existem diferenças nos sítios de forrageamento de toda a população de Biguás do Sistema Estuarino. Ainda, é importante ressaltar que cormorões realizam viagens de até 15km , como no caso da espécie , distância que engloba as Lagoas de Santo Antônio dos Anjos, Imaruí, Mirim e Lagoas ao sul do SEL (Camacho), indicado que a população da Lagoa do Nóca consegue se

movimentar ao longo das três lagoas do SEL para realizar suas atividades de forrageamento diárias.

Os padrões reprodutivos de peixes e o aumento no recrutamento também são fatores que exercem influências sob as variações na composição da dieta de *N. brasilianum* no SEL. *Mugil curema*, que foi um item alimentar que contribuiu significativamente para a dieta de *N. brasilianum*, é uma espécie residente no SEL e muito abundante nas regiões costeiras do Brasil e é considerada uma espécie oportunista em sistemas estuarinos durante suas fases juvenis, principalmente quando a temperatura da água está acima de 20°C e salinidade elevada (Vieira & Vieira, 1991; Mai et al., 2018), enquanto *M. liza*, considerada uma espécie marinha migratória altamente dependente de estuários, apresentou apenas contribuição significativa no ano de 2023. A importância conspícua de engraulídeos, gerreídeos e *A. brasiliensis* na dieta de *N. brasilianum* também pode ser uma resposta das flutuações nas condições do sistema estuarino referente às abundâncias destas presas, pois são consideradas abundantes no SEL por Sunye et al. (2014) e Frischknecht et al. (2023), entretanto, infelizmente dados detalhados sobre as abundâncias destas presas durante este estudo ou anteriormente aos estudos de (Sunye et al., 2014) e (Frischknecht et al., 2023) são escassos.

Explorar dados sobre pescarias artesanais pode esclarecer informações sobre tendências populacionais de espécies-alvo da pesca. Entretanto, a complexidade dimensional da pesca artesanal atrelado às limitações metodológicas, tornam as estimativas da produção pesqueira destes grupos imprecisa (LEMA/Univali, 2024). Concomitantemente as metodologias censitárias, o uso de pellets na reconstrução da biomassa de presas de biguás também se demonstra uma metodologia imprecisa (Barret et al., 2007). Apesar destes vieses conhecidos, a utilização de dados sobre a pesca em conjunto com dados sobre a biologia alimentar de biguás são comumente utilizados para avaliar possíveis relações e conflitos entre ambas as partes (Engstrom, 2002; Ostman et al., 2013).

Conclusões

Nossos dados indicam flutuações sazonais na abundância da espécie com picos associados ao período reprodutivo que ocorre durante o outono e inverno. A dieta do biguá se demonstrou ampla e diversa, com sua composição taxonômica majoritariamente composta por teleósteos e camarões como complemento. Além disso, a análise da estratégia alimentar sugere que o biguá é um predador generalista, embora a amplitude de nicho calculada indique uma certa especialização em determinadas escalas temporais. Este estudo clareia sobre a dieta desta espécie abundante e, pode nortear futuras ações de manejo e conservação do Sistema Estuarino de Laguna.

Referências Bibliográficas

Alarcón, P. A. E., Macchi, P. J., Trejo, A., & Alonso, M. F. (2012). Diet of the Neotropical Cormorant (*Phalacrocorax brasilianus*) in a Patagonian Freshwater Environment Invaded by Exotic Fish. *Waterbirds*, *35*(1), 149–153. https://doi.org/10.1675/063.035.0115

Anderson, M. J. (2001). A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecology*, *26*(1), 32–46. https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.2001.01070.pp.x

Assis, C. A. (2001). *ESTUDO MORFOLÓGICO DOS OTÓLITOS SAGITTA, ASTERISCUS E LAPILLUS DE TELEÓSTEOS (ACTINOPTERYGII, TELEOSTEI) DE PORTUGAL CONTINENTAL*. Recuperado de http://hdl.handle.net/10451/3716

Azevedo, T. R. de. (1995). Estudo da avifauna do campus da Universidade Federal de Santa Catarina (Florianópolis). *Biotemas*, *8*(2), 7–35. https://doi.org/10.5007/%25x

Barbier, E. B., Hacker, S. D., Kennedy, C., Koch, E. W., Stier, A. C., & Silliman, B. R. (2011). The value of estuarine and coastal ecosystem services. *Ecological Monographs*, *81*(2), 169–193. https://doi.org/10.1890/10-1510.1

Barbieri, E., & Pinna, F. V. (2006). Abundância temporal de Fregata magnificens (Pelecaniformes: Fregatidae) na Ilha Comprida (São Paulo, Brasil) em 2006 e sua relação com barcos de pesca. *São Paulo*, *18*, 99–110.

Barquete, V., Bugoni, L., & Vooren, C. M. (2008). Diet of Neotropic cormorant (Phalacrocorax brasilianus) in an estuarine environment. *Marine Biology*, *153*(3), 431–443. https://doi.org/10.1007/s00227-007-0824-8

Barquete, Viviane, Vooren, C. M., & Bugoni, L. (2008). Seasonal abundance of the Neotropic Cormorant (Phalacrocorax brasilianus) at Lagoa dos Patos estuary, Southern Brazil. *El Hornero*, *23*(1), 15–22. https://doi.org/10.56178/eh.v23i1.745

Barrett, R. T., Camphuysen, K. (C. J.), Anker-Nilssen, T., Chardine, J. W., Furness, R. W., Garthe, S., … Veit, R. R. (2007). Diet studies of seabirds: A review and recommendations. *ICES Journal of Marine Science*, *64*(9), 1675–1691. https://doi.org/10.1093/icesjms/fsm152

Boström, M. K., Östman, Ö., Bergenius, M. A. J., & Lunneryd, S.-G. (2012). Cormorant diet in relation to temporal changes in fish communities. *ICES Journal of Marine Science*, *69*(2), 175–183. https://doi.org/10.1093/icesjms/fss002

Boyd, C., Castillo, R., Hunt, G. L., Punt, A. E., VanBlaricom, G. R., Weimerskirch, H., & Bertrand, S. (2015). Predictive modelling of habitat selection by marine predators with respect to the abundance and depth distribution of pelagic prey. *Journal of Animal Ecology*, *84*(6), 1575–1588. https://doi.org/10.1111/1365-2656.12409

Branco, J. O. (2001). Descartes da pesca do camarão sete-barbas como fonte de alimento para aves marinhas. *Revista Brasileira de Zoologia*, *18*(1), 293–300. https://doi.org/10.1590/S0101-81752001000100033

Branco, J. O. (2002). Flutuações sazonais na abundância de Phalacrocorax brasilianus (Gmelin) no estuário do Saco da Fazenda, Itajaí, Santa Catarina, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, *19*(4), 1057–1062. https://doi.org/10.1590/S0101-81752002000400010

Branco, J. O., Evangelista, C. L., & Lunardon-Branco, M. J. (2009). *Atividade diária de Phalacrocorax brasilianus (Aves, Phalacrocoracidae), na região do Saco da Fazenda, Itajaí, SC, Brasil*.

Cáceres, M. D., & Legendre, P. (2009). Associations between species and groups of sites: Indices and statistical inference. *Ecology*, *90*(12), 3566–3574. https://doi.org/10.1890/08-1823.1

Campana, S. E. (2004). *Photographic atlas of fish otoliths of the Northwest Atlantic Ocean*. Ottawa, Ontario, Canada: NRC Research Press.

Carss, D. N. (2022). There must be Some Kind of Way Out of Here: Towards 'Reframing' European Cormorant-Fisheries Conflicts. *Ardea*, *109*(3), 667–681. https://doi.org/10.5253/arde.v109i2.a31

Carss, D. N., Parz-Gollner, R., & Trauttmansdorff, J. (2012). *The INTERCAFE Field Manual: Research methods for Cormorants, fishes, and the interactions between them*. NERC Centre for Ecology & Hydrology on behalf of COST. https://doi.org/10.13140/2.1.4536.9604

Casaux, R. J., Prinzio, C. Y. D., Bertolin, M. L., & Tartara, M. A. (2009). Diet of the Neotropic Cormorant *Phalacrocorax olivaceus* at West Chubut, Patagonia, Argentina. *Waterbirds*, *32*(3), 444–449. https://doi.org/10.1675/063.032.0310

Ceia, F. R., & Ramos, J. A. (2015). Individual specialization in the foraging and feeding strategies of seabirds: A review. *Marine Biology*, *162*(10), 1923–1938. https://doi.org/10.1007/s00227-015-2735-4

Chaves, P. D. T. D. C., & Vendei, A. L. (1996). Aspectos da alimentação de Genidens genidens (Valenciennes) (Siluriformes, Ariidae) na Baía de Guaratuba, Paraná. *Revista Brasileira de Zoologia*, *13*(3), 669–675. https://doi.org/10.1590/S0101-81751996000300016

Corrêa, M. F. M., & Vianna, M. S. (1992). *CATÁLOGO DE OTÓLITOS DE SCIAENIDAE (OSTEICHTHYES-PERCIFORMES) DO LITORAL DO ESTADO DO PARANÁ, BRASIL.*

Cosolo, M., Ferrero, E. A., & Sponza, S. (2010). Prey ecology and behaviour affect foraging strategies in the Great Cormorant. *Marine Biology*, *157*(11), 2533–2544. https://doi.org/10.1007/s00227-010-1517-2

Costanza, R., De Groot, R., Braat, L., Kubiszewski, I., Fioramonti, L., Sutton, P., … Grasso, M. (2017). Twenty years of ecosystem services: How far have we come and how far do we still need to go? *Ecosystem Services*, *28*, 1–16. https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.09.008

Craig, E. C., King, D. T., Sparks, J. P., & Curtis, P. D. (2016). Aquaculture depredation by double-crested cormorants breeding in Eastern North America: Cormorant Aquaculture

Depredation. *The Journal of Wildlife Management*, *80*(1), 57–62. https://doi.org/10.1002/jwmg.989

Da Silva, T. L., Cabral, R. B. G., & Ferreira, I. (2018). Behavior and seasonal abundance of Neotropic Cormorant Nannopterum brasilianus (Gmelin, 1789) in southeastern, Brazil. *Revista Brasileira de Ornitologia*, *26*(4), 219–226. https://doi.org/10.1007/BF03544434

Dantas, D. V., Barletta, M., Araújo Lima, A. R., De Assis Almeida Ramos, J., Da Costa, M. F., & Saint-Paul, U. (2012). Nursery Habitat Shifts in an Estuarine Ecosystem: Patterns of Use by Sympatric Catfish Species. *Estuaries and Coasts*, *35*(2), 587–602. https://doi.org/10.1007/s12237-011-9452-0

Daura-Jorge, F. G., Cantor, M., Ingram, S. N., Lusseau, D., & Simões-Lopes, P. C. (2012). The structure of a bottlenose dolphin society is coupled to a unique foraging cooperation with artisanal fishermen. *Biology Letters*, *8*(5), 702–705. https://doi.org/10.1098/rsbl.2012.0174

Dorr, B. S., Fielder, D. G., Jackson, J. R., Farquhar, J. F., Schultz, D. W., & Claramunt, R. M. (2022). Ontario's Double-crested Cormorant hunting season may be ineffective but that doesn't mean there are no conflict issues. *Avian Conservation and Ecology*, *17*(2), art11. https://doi.org/10.5751/ACE-02249-170211

Engström, H. (2001). *Effects of Great Cormorant Predation on Fish Populations and Fishery*.

Frischknecht, C. D. C. A., Dantas, D. V., Rodrigues-Filho, J. L., & Gentil, E. (2023). Composition and diversity of fish assemblages along a shallow beach of a neotropical coastal lagoon. *Regional Studies in Marine Science*, *63*, 102993. https://doi.org/10.1016/j.rsma.2023.102993

Gil-Weir, K., Weir, E., Casler, C. L., & Aniyar, S. (2011). Ecological functions and economic value of the Neotropic Cormorant (*Phalacrocorax brasilianus*) in Los Olivitos Estuary, Venezuela. *Environment and Development Economics*, *16*(5), 553–572. https://doi.org/10.1017/S1355770X11000179

Haimovici, M., Dos S. Rodrigues, L., Lucato, S. H. B., De A. Freire, M., Fischer, L. G., & Cardoso, L. G. (2023). Otolith atlas for marine fishes of the southwestern Atlantic occurring along southern Brazil (28° S-34° S). *Marine and Fishery Sciences (MAFIS)*, *37*(1). https://doi.org/10.47193/mafis.3712024010101

Harding, L. E., & Mesler, J. I. (2022). Cormorant abundance, diet, and foraging habits in Arizona. *Journal of Field Ornithology*, *93*(3), art6. https://doi.org/10.5751/JFO-00141-930306

Hostetter, N. J., Payton, Q., Roby, D. D., Collis, K., & Evans, A. F. (2022). Predation probabilities and functional responses: How piscivorous waterbirds respond to pulses in fish abundance. *Ecosphere*, *13*(9). https://doi.org/10.1002/ecs2.4220

Ibañez, A. E., Morales, L. M., Torres, D. S., Borghello, P., & Montalti, D. (2022). Pellet analysis evidences flexibility in the diet of Brown Skua (Stercorarius antarcticus) during breeding at Esperanza/Hope Bay (Antarctic Peninsula). *Polar Biology*, *45*(3), 419–426. https://doi.org/10.1007/s00300-021-02993-3

Kalmbach, E., & Becker, P. H. (2005). Growth and survival of neotropic cormorant (Phalacrocorax brasilianus) chicks in relation to hatching order and brood size. *Journal of Ornithology*, *146*(2), 91–98. https://doi.org/10.1007/s10336-004-0061-6

Keith, J. A. (1995). Management Policies for Cormorants in Canada. *Colonial Waterbirds*, *18*, 234–237. https://doi.org/10.2307/1521544

Kennedy, M., & Spencer, H. G. (2014). Classification of the cormorants of the world. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, *79*, 249–257. https://doi.org/10.1016/j.ympev.2014.06.020

Kolb, G. S., Palmborg, C., Taylor, A. R., Bååth, E., & Hambäck, P. A. (2015). Effects of Nesting Cormorants (Phalacrocorax carbo) on Soil Chemistry, Microbial Communities and Soil Fauna. *Ecosystems*, *18*(4), 643–657. https://doi.org/10.1007/s10021-015-9853-1

Ludwig, J., Cooke, S., & Hobson, K. (2023). On the lack of scientific evidence for the Ontario cormorant cull and other cormorant management actions: A response to Dorr et al. (2022). *Avian Conservation and Ecology*, *18*(1), art1. https://doi.org/10.5751/ACE-02375-180101

MacLusky, D. S., Elliott, M., & McLusky, D. S. (2004). *The estuarine ecosystem: Ecology, threats and management* (3. ed). Oxford: Oxford Univ. Press.

Magath, V., Abraham, R., Helbing, U., & Thiel, R. (2016). Link between estuarine fish abundances and prey choice of the great cormorant Phalacrocorax carbo (Aves, Phalacrocoracidae). *Hydrobiologia*, *763*(1), 313–327. https://doi.org/10.1007/s10750-015-2384-0

Mai, A. C. G., Santos, M. L. D., Lemos, V. M., & Vieira, J. P. (2018). Discrimination of habitat use between two sympatric species of mullets, Mugil curema and Mugil liza (Mugiliformes: Mugilidae) in the rio Tramandaí Estuary, determined by otolith chemistry. *Neotropical Ichthyology*, *16*(2). https://doi.org/10.1590/1982-0224-20170045

Marzano, M., Carss, D. N., & Cheyne, I. (2013). Managing European cormorant-fisheries conflicts: Problems, practicalities and policy. *Fisheries Management and Ecology*, *20*(5), 401–413. https://doi.org/10.1111/fme.12025

McKay, H. V., KA, R., Carss, D., & Parrott, D. (2003). The limitations of pellet analysis in the study of cormorant Phalacrocorax spp. Diet. Em *Vogelwelt* (Vol. 124).

McLusky, D. S., & Elliott, M. (2007). *The estuarine ecosystem: Ecology, threats, and management* (3. ed., repr.(with corrections)). Oxford: Oxford Univ. Press.

Mendoza-Carranza, M., & Vieira, J. (2008). Whitemouth croaker Micropogonias furnieri (Desmarest, 1823) feeding strategies across four southern Brazilian estuaries. *Aquatic Ecology*, *42*(1), 83–93. https://doi.org/10.1007/s10452-007-9084-4

Meurer, A. Z., & Netto, S. A. (2007). SEASONAL DYNAMICS OF BENTHIC COMMUNITIES IN A SHALLOW SUBLITTORAL SITE OF LAGUNA ESTUARINE SYSTEM (SOUTH, BRAZIL). *Braz. J. Aquat. Sci. Technol.* https://doi.org/0.14210/bjast.v11n2.p53-62

Muñoz-Gil, J., Marín-Espinoza, G., Andrade-Vigo, J., Zavala, R., & Mata, A. (2013). Trophic position of the Neotropic Cormorant (Phalacrocorax brasilianus): Integrating diet and stable isotope analysis. *Journal of Ornithology*, *154*(1), 13–18. https://doi.org/10.1007/s10336-012-0863-x

Oksanen, J., Simpson, G., Blanchet, F. G., Kindt, R., Legendre, P., Minchin, P., … Weedon, J. (2022). *Vegan community ecology package version 2.6-2 April 2022*.

Oliveira, K. R. D., Corrêa, L. L. C., & Petry, M. V. (2019). DIETA DE Nannopterum brasilianus (AVES: PHALACROCORACIDAE), NO SUL DO BRASIL. *Oecologia Australis*, *23*(03), 432–439. https://doi.org/10.4257/oeco.2019.2303.03

Ovegård, M. K., Jepsen, N., Bergenius Nord, M., & Petersson, E. (2021). Cormorant predation effects on fish populations: A global meta-analysis. *Fish and Fisheries*, *22*(3), 605–622. https://doi.org/10.1111/faf.12540

Piazza, T. B., Pessoa, M. B., Santiago, D. F., Perroca, J. F., Wagner, B., Dantas, D. V., … Rodrigues-Filho, J. L. (2021). ASPECTOS ECONÔMICOS, TECNOLÓGICOS E SOCIOCULTURAIS DA PESCA DE SIRI-AZUL NO SISTEMA ESTUARINO DE LAGUNA (SC), E SUA DINÂMICA ESPAÇO-TEMPORAL ATRAVÉS DO CONHECIMENTO ECOLÓGICO LOCAL DE PESCADORES ARTESANAIS. Em *Engenharia de Pesca: Aspectos teóricos e práticos* (1º ed, p. 36–61). Editora Científica Digital. https://doi.org/10.37885/210404220

Rodrigues-Filho, J. L., Macêdo, R. L., Sarmento, H., Pimenta, V. R. A., Alonso, C., Teixeira, C. R., … Cionek, V. M. (2023). From ecological functions to ecosystem services: Linking coastal lagoons biodiversity with human well-being. *Hydrobiologia*, *850*(12–13), 2611–2653. https://doi.org/10.1007/s10750-023-05171-0

Russell, I., & Carss, D. N. (David). (2012). *The INTERCAFE cormorant management toolbox: Methods for reducing cormorant problems at European fisheries*. Wallingford: NERC Centre for Ecology & Hydrology on behalf of COST.

Sick, H., Pacheco, J. F., & Haffer, J. (1997). *Ornitologia brasileira* (2. impr). Rio de Janeiro: Ed. Nova Fronteira.

Simões-Lopes, P. C., Fabián, M. E., & Menegheti, J. O. (1998). Dolphin interactions with the mullet artisanal fishing on Southern Brazil: A qualitative and quantitative approach. *Revista Brasileira de Zoologia*, *15*(3), 709–726. https://doi.org/10.1590/S0101-81751998000300016

Sunye, P. S., Pereira, T. J., Russo, A., & Netto, S. A. (2014). A pesca do camarão-rosa no Sistema Estuarino de Laguna, SC: história e acasos das políticas de manejo. Em M. Haimovici, J. M. Andriguetto Filho, & P. S. Sunye, *A pesca marinha e estuarina no Brasil: Estudos de casos multidisciplinares*. Editora da FURG.

Taylor, B., Andrews, D., & Fraser, G. S. (2011). Double-crested cormorants and urban wilderness: Conflicts and management. *Urban Ecosystems*, *14*(3), 377–394. https://doi.org/10.1007/s11252-011-0165-8

Tette Pomárico, A., López-Peña, A., Franke-Ante, R., & Duarte, L. O. (2020). Dieta y amplitud del nicho trófico del cormorán neotropical [Nannopterum brasilianus (Gmelin, 1789)] en el Santuario de Flora y Fauna Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe de Colombia. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, *49*(SuplEsp), 193–208. https://doi.org/10.25268/bimc.invemar.2020.49.SuplEsp.1072

Van Eerden, M. R., & Carss, D. N. (David). (2012). *Cormorants and the European environment: Exploring cormorant ecology on a continental scale*. Wallingford: NERC Centre for Ecology & Hydrology on behalf of COST.

Vieira, J. P., & Vieira, J. P. (1991). Juvenile Mullets (Pisces: Mugilidae) in the Estuary of Lagoa dos Patos, RS, Brazil. *Copeia*, *1991*(2), 409. https://doi.org/10.2307/1446590

Wires, L. R. (2015). Migratory bird protection, a crack in the armor: The case of the Double-crested Cormorant. *Avian Conservation and Ecology*, *10*(1), art8. https://doi.org/10.5751/ACE-00761-100108

Wires, L. R., & Cuthbert, F. J. (2006). Historic Populations of the Double-crested Cormorant (Phalacrocorax auritus): Implications for Conservation and Management in the 21st Century. *Waterbirds*, *29*(1), 9–37. https://doi.org/10.1675/1524-4695(2006)29[9:HPOTDC]2.0.CO;2

Woo, K. J., Elliott, K. H., Davidson, M., Gaston, A. J., & Davoren, G. K. (2008). Individual specialization in diet by a generalist marine predator reflects specialization in foraging

behaviour. *Journal of Animal Ecology*, *77*(6), 1082–1091. https://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2008.01429.x

Capítulo 2

Padrões espaciais e comportamento alimentar de *Nannopterum brasilianum* no Sistema Estuarino de Laguna, SC.

Resumo

O uso de habitat e a distribuição de sítios de forrageamento de predadores são questões fundamentais na ecologia animal e suas interações com outros organismos ou ecossistemas associados. O Biguá (*Nannopterum brasilianum*) é uma ave piscívora abundante e amplamente distribuída na região neotropical. Neste estudo, nós avaliamos aspectos comportamentais de mergulhos em áreas de forrageamento no Sistema Estuarino de Laguna, Santa Catarina, Brasil. Através de duas metodologias diferentes, observações animal-focal e uso de transmissores (biologgers), foi possível verificar a distribuição espacial dos sítios de forrageamento, assim como avaliar comportamentos de mergulho. Os transmissores registram posições de GPS, informações de múltiplos sensores e enviam os dados diariamente através de redes de telecomunicações GSM/GPRS e 3G. A espécie se utiliza de mergulhos rápidos (médias de 15,8 ± 9,5 e 24 ±14,88 segundos) exibindo diferenças nas preferências individuais de sítios de forrageamento, com taxas de predação médias de 24,9 ±19,5% e ingestão de calorias médias de 5,0 ± 3,9 KJ/min. A distribuição de sítios de forrageio de biguás se demonstrou ampla no SEL, com mergulhos ocorrendo a distâncias máximas de 18km do dormitório da Lagoa do Nóca. Nossos dados sugerem que a *N. brasilianum* tende a preferir áreas de descarte de pescas por ser uma ótima fonte de recursos alimentares.

Abstract

The use of habitat and the distribution of predator foraging sites are fundamental issues in animal ecology and their interactions with other organisms or associated ecosystems. The Neotropical Cormorant (*Nannopterum brasilianum*) is an abundant piscivorous bird widely distributed in the Neotropical region. In this study, we evaluated behavioral aspects of dives in foraging areas in the Estuarine System of Laguna, Santa Catarina, Brazil. Through two different methodologies, focal-animal observations and the use of

transmitters (biologgers), it was possible to verify the spatial distribution of foraging sites, as well as to evaluate diving behaviors. The biologgers records GPS positions, multiple sensors informations and send this data daily by 3G and GSM/GPRS communications. The species employs rapid dives (averages of 15.8 ±9.5 and 24 ±14.88 seconds) showing differences in individual foraging site preferences, with average predation rates of 24.9 ± 19.5% and average calorie intake of 5.0 ±3.9 KJ/min. The distribution of Cormorant foraging sites proved to be extensive in the Estuarine System of Laguna, with dives occurring at maximum distances of 18 km from the roost at Lagoa do Nóca. Our data indicate that *N. brasilianum* tends to forage near discard fishing areas, as they are a great source of food.

Palavras-chave: Biguás, distribuição espacial, estuário raso, comportamento de mergulho, Sul do Brasil.

Introdução

Os Biguás (Família: Phalacrocoracidae) são aves predadoras que exercem um importante papel ecológico sob as populações de peixes e crustáceos na região neotropical, sua área de distribuição (Alves et al., 2011b; Barquete et al., 2008; Branco, 2002; Lozano-Sanllehi & Zavalaga, 2021; Sick et al., 1997). Essas são consideradas eficientes reguladoras de populações através de mecanismos dependente de densidade, são capazes de controlar espécies exóticas e introduzem matéria orgânica rica em nitrogênio e fosforo no ecossistema (Alarcón et al., 2012; Barquete et al., 2008; Gil-Weir et al., 2011; Zwolicki et al., 2013).

Devido à sua elevada abundância e ampla ocorrência em regiões costeiras e estuarinas, são capazes de interagir com pescarias e aquicultores através de uma possível competição por recursos alimentares, gerando uma série de nuanças e conflitos (Gil-Weir et al., 2011; Östman et al., 2013a).

Em geral, os biguás apresentam grande plasticidade e adaptação podendo percorrer até 15 km em busca de alimento (Dorfman & Kingsford, 2001; Frere et al., 2008). Suas estratégias de forrageio são influenciadas por características do habitat, como a presença de vegetação, o tipo de substrato,

a profundidade da água e a temperatura, todos essenciais na disponibilidade de presas em áreas costeiras e estuarinas (Dantas et al., 2012; Frischknecht et al., 2023; Rodrigues-Filho et al., 2023). Como exemplo, marismas e manguezais são cruciais como sítios alimentares, pois abrigam populações juvenis de várias espécies marinhas, que são presas frequentes dos biguás (Alarcón et al., 2012; Barquete et al., 2008; Branco et al., 2009). Além disso, o tipo de substrato desempenha um papel importante na distribuição das presas pelágicas e pode servir como um indicador visual da presença de presas demersais, como ariídeos e cianídeos, aumentando as probabilidades do sucesso no forrageamento (Barquete et al., 2008; Cosolo et al., 2010; Dantas et al., 2012).

Em ambientes frios, profundidade e temperatura da água desempenham papéis importantes nos gastos energéticos dos mergulhos de *Phalacrocorax carbo* (Gómez-Laich et al., 2013). Já ambientes de temperaturas em regiões subtropicais podem não exercer influências diretas nos gastos energéticos de *N. brasilianum* como observado na Argentina (Quintana et al., 2004; Gatto et al., 2008). Entretanto abordagens baseadas em habitat indicam influências indiretas nas estratégias de forrageio de biguás através da disponibilidade de presas que podem estar associadas às características do habitat (Dorfman & Kingsford, 2001; Peck-Richardson et al., 2018).

Compreender os processos ecológicos que moldam a distribuição de espécies e suas escolhas de habitat é uma questão fundamental na ecologia e conservação da biodiversidade. O advento de transmissores precisos que são fixados em aves de vida livre, com novas tecnologias de satélites e sensoriamento remoto, permite a coleta de uma série de dados sobre a ecologia comportamental de aves marinhas e aquáticas (Peck-Richardson et al., 2018; Ropert-Coudert & Wilson, 2005; Wakefield et al., 2009). Principalmente em ambientes heterogêneos e produtivos como estuários e lagoas costeiras que são áreas de transição entre os ecossistemas marinhos e de água doce (De Mello Cionek et al., 2022; Frischknecht et al., 2023; MacLusky et al., 2004; Rodrigues-Filho et al., 2023).

A natureza dinâmica e rica de ecossistemas estuarinos fornece uma ampla diversidade de habitats, desde planícies entre marés até vegetações alagadas como marismas e mangues, gerando um mosaico de habitats (MacLusky et al., 2004; Dantas et al., 2012; Medeiros, 2017; Rodrigues-Filho et al., 2023). A partir deste contexto, avaliar como os biguás exploram espacialmente seus recursos alimentares em um sistema estuarino produtivo e economicamente importante para o litoral sul de Santa Catarina pode nortear medidas de conservação ou manejo da espécie. Através do uso integrado de transmissores GPS e observações de campo, este estudo tem como objetivos investigar padrões espaciais de sítios de alimentação e avaliar o comportamento alimentar de *N. brasilianum*, levando em consideração habitats com diferentes parâmetros bióticos e abióticos no Sistema Estuarino de Laguna, Santa Catarina, Brasil.

Material e métodos

Áreas de estudo

O presente estudo foi realizado na porção baixa do Sistema Estuarino de Laguna, Santa Catarina, Brasil. Esta área de estudo possui uma ligação com o oceano e apresenta elevada hidrodinâmica devido às fortes influências das marés, águas oceânicas e aporte da bacia hidrográfica do rio Tubarão (Dantas et al., 2019b). Foram identificados quatro principais sítios de forrageamento de *N. brasilianum*. O **Canal do Molhes (CM)** 2.5km de extensão, profundidades entre 2 e 13 metros, pesca auxiliada pela ação de botos, *Tursiops truncatus*, (Daura-Jorge et al., 2012), fluxo de embarcações, ausência de vegetação associada, substrato variando entre arenoso grosso e fino; **Lagoa do Nóca (LN)**, lagoa semiaberta, conectada ao canal do molhes e à lagoa de Santo Antônio através de dutos, possui uma área aproximada de 478 mil m², profundidade média de 3m, vegetação predominante de marismas e pequena parcela de manguezal, sedimentos variando entre arenoso e lodoso; pequena **lagoa adjacente a Lagoa do Nóca (NA)** que se conecta ao canal do molhes e sofre influências de ambas partes, com profundidade média de 0.5m, substrato lodoso e predominância de marismas; a região do **Centro Histórico (CH)** é uma área aberta da Lagoa de Santo Antônio, possui fortes influências de

descargas de poluentes, profundidade em torno de 2m, e uma grande formação de marisma (área de 250mil m²) com um substrato lodosos e arenoso (Figura 9).



Figura 10. Mapa da porção baixa do Sistema Estuarino de Laguna, indicando os quatro diferentes habitats selecionados neste estudo. CH – Centro histórico (roxo); CM – Canal do Molhes (amarelo); NA – Lagoa adjacente ao Nóca (vermelho) e LN – Lagoa do Nóca (verde).

Comportamentos de mergulho

Para avaliar os comportamentos alimentares de *N. brasilianum* nos quatro sítios, utilizou-se como método a observação animal-focal com registros sequenciais de mergulhos (Altman 1970). As sessões de observação se iniciaram com a identificação de um biguá em atividade de forrageamento e finalizou quando o mesmo cessou o comportamento ou voou para fora do campo de visão do observador. Em cada mergulho foram registrados o tempo de mergulho e da manipulação da presa quando capturada, tentativas de pilhagem e tempo de descanso entre mergulhos. O tamanho da presa em relação ao comprimento do cúlmen de bico do biguá (50,88 ± 3,7mm, N = 6 indivíduos adultos mensurados): presas **muito pequenas** (**PP**) de até 10mm, **pequenas (P)** entre 10 e 30mm, **médias (M)** entre 30 e 52mm e **grandes (G)**, tamanhos de 140mm, presas comuns capturadas por biguás no SEL (ver

Capítulo 1). Dados de batimetria foram retirados da Carta raster náutica da cidade de Laguna (1901), acessados no sistema de Infraestrutura de Dados Espaciais Marinhos da Diretoria de Hidrografia e Navegação (IDEM-DHN).

Gasto e recompensas energéticas

Para avaliar os gastos metabólicos de cada mergulho e suas respectivas recompensas, quando houveram presas capturadas, utilizaram-se informações sobre o custo de transporte mínimo (*Cost of transport – COT*) e a Densidade de energia por presa. COT consiste no gasto metabólico necessário para mover uma unidade de massa a uma unidade de distância e, devido à ausência destes valores para *N. brasilianum*, usamos os valores calculados para *Phalacrocorax carbo* e *Phalacrocorax penicillatus*, COT = 19 $J.Kg^{-1}.m^{-1}$, valor mínimo para cormorões submersos se movimentando à 1.92$m.s^{-1}$ (Schimid et al., 1995). Considerou-se também o valor de 5,42$KJ.g^{-1}$ como densidade de energia de presas consumidas por cormorões (Ridgway, 2010), sendo esta uma medida que expressa a quantidade de energia contida em uma determinada presa que, quando usada em conjunto com as eficiências de assimilação (80%), é possível estimar a ingestão diária de alimentos ou gastos energéticos (Ridgway, 2010).

A densidade energética de presas foi estimada utilizando a presa de maior abundância na dieta de *N. brasilianum* durante o ano de 2022 no SEL (ver Capítulo 1) e suas relações alométricas para aferir os comprimentos e pesos dos diferentes comprimentos totais. Através das relações (1) comprimento total do peixe (TL) - comprimento do otólito (LO) e (2) peso (Wg) - comprimento do otólito (LO) de *Genidens genidens* aferidas por Carvalho et al. (2014), comprimentos em centímetro e peso em gramas:

$$TL = -5.68 + 30.71 * LO \quad (1)$$

$$Wg = 147 * LO^{3.83} \quad (2)$$

Com estas equações, estimamos os pesos de cada tamanho de presa: 0,42g (PP), 1,16g (P), 2,76g (M) e 26,73g (G), os ganhos calóricos por presa de 2,27 KJ (PP), 6,04 KJ (P), 14,95 KJ (M) e 144,87 KJ (G) e um gasto energético durante o mergulho de 47,088 KJs^{-1}. Aferimos também a taxa de

ingestão de calorias (Cput) que consiste na quantidade de calorias ingeridas (Joules) por unidade de tempo (minutos).

Monitoramento de mergulhos por transmissores

Para avaliar os padrões espaciais de alimentação, transmissores GPS/GSM (modelos Ornitrack-25, Ornitela) foram anexados em 6 indivíduos (Tags #339, #340, #341, #348 e #349) que foram capturados, em 2023, enquanto forrageavam nas adjacências da Lagoa do Nóca. Para inferir um mesmo período de monitoramento dentre os indivíduos, os dados sobre mergulhos foram extraídos de 28 de outubro de 2023 a 23 de fevereiro de 2024. Todo o processo de captura, anexação do transmissor e soltura do animal durou cerca de 30minutos, com os transmissores pesando em média 39 ±1,2g (cerca de 3% do peso total da ave, 1,3Kg), tamanho ideal para que não interfira nas atividades e movimentações do animal (Portugal & White, 2018). De cor preta, os transmissores medem cerca de 72mm comprimento, 31mm de largura e 21mm de altura (Figura 10). Durante o processo, os animais capturados foram pesados, registrados os comprimentos de cúlmen de bico e tarso, além de verificada a saúde do animal com auxílio de médico veterinário da Unidade de Estabilização de Animai Marinhos da Universidade Estadual de Santa Catarina. A anexação do transmissor seguiu o protocolo disponibilizado pelo The Cormorant Oceanography Project ("*Tagging Protocol 2022 v2.0*").

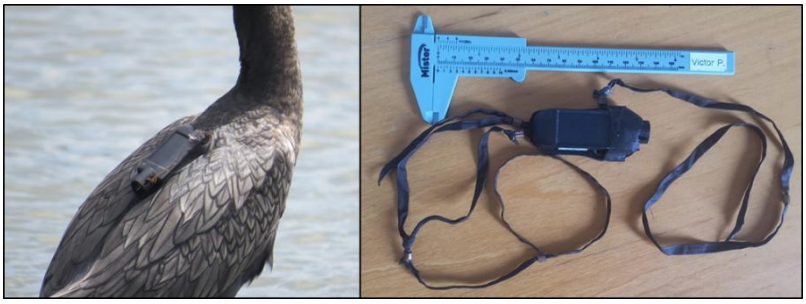


Figura 11. Imagens do transmissor montado na ave e desmontado.

Os transmissores registram posições de GPS, informações de múltiplos sensores e enviam os dados diariamente através de redes de telecomunicações GSM/GPRS e 3G. Quando submersos na água abaixo de 0.75m, os transmissores começam a registrar dados de mergulho, como localização, temperatura da água e profundidade com uma frequência de 1Hz.

Quando a ave está à deriva na água, voando ou empoleirada, os transmissores coletam dados de temperatura do ar, altimetria e GPS com uma frequência de 5Hz.

Análises espaciais de transmissores

Análises espaciais e criação de mapas foram realizadas no 'software' QGIS v3.14.16-Pi. Camadas poligonais dos habitats e localidades de interesse foram criadas manualmente a partir da sobreposição imagens de satélite (ESRI, 2017). Todas as camadas criadas e dados importados foram configurados para o sistema de referência geográfica EPSG: 32722 (WGS 84/ UTM zone 22S), um sistema de coordenadas plano que permite calcular distâncias com precisão em metros. A partir das camadas de pontos e camadas poligonais, foi possível contabilizar o número de mergulhos em cada habitat, calcular a área de forrageamento de cada indivíduo monitorado e suas respectivas distâncias do dormitório. Também, excluímos mergulhos que ocorreram em terra, reduzindo a probabilidade de incluir erros por conta de imprecisão dos transmissores. Através do software QGIs, forma utilizadas a "Caixa de ferramentas de processamento" para calcular as distâncias do ponto central médio de mergulho de cada indivíduo, as estimativas de densidade de Kernel (KDE) de todos os mergulhos.

Análises estatísticas

Utilizamos o teste qui-quadrado para verificar diferenças estatísticas entre as variáveis categóricas do tamanho de presas e os respectivos habitats. Para determinar se há diferenças estatisticamente significativas entre os comportamentos de *N. brasilianum* em diferentes habitats específicos, primeiro testamos a normalidade e homogeneidade de variância das variáveis de resposta (por exemplo: tempo de mergulho, taxas de mergulho, taxas de predação e Cput). Após verificar a adequação dos pressupostos para testar diferenças entre cada grupo (localidades - habitats) e verificar a distribuição não normal ou a não homogeneidade das variâncias, aplicamos o teste de Kruskal-Wallis.

Resultados

Mergulhos observados

Durante o ano de 2022, foram observados 32 biguás em atividade de forrageamento, registrando um total de 431 mergulhos e totalizando 519 minutos de atividade. O tempo médio de mergulho foi de aproximadamente 24,1 ± 14,88 segundos, com uma taxa média de mergulho de 7,57 ± 3,81 mergulhos por minuto. Os tempos médios de descanso foram de 7,24 ± 6,78 segundos.

Os Peixes foram as presas mais frequentemente capturadas, representando 89.4% das capturas, seguidos dos camarões com 9.6%. Registrou-se também uma captura de siri, que não foi consumido pelo biguá. Embora o maior número de presas capturadas em uma única sessão de observação tenha sido 12, a média do consumo foi de 2 ± 3,1 presas por sessão, com apenas um indivíduo não obtendo sucesso na captura de presas. As taxas médias de predação foram de 24,91 ± 19,58%, variando amplamente entre os biguás, com alguns chegando até 80%. As taxas de ingestão de calorias variaram muito com uma média de 5,0 ±3,964 KJ/min, com uma ingestão de calorias variando entre 0 e 13,1 KJ/m. Variáveis como tempo médio do mergulho, taxa de mergulho, taxa de predação e ‘Cput’ variaram dentre as quatro localidades (Figura 11).

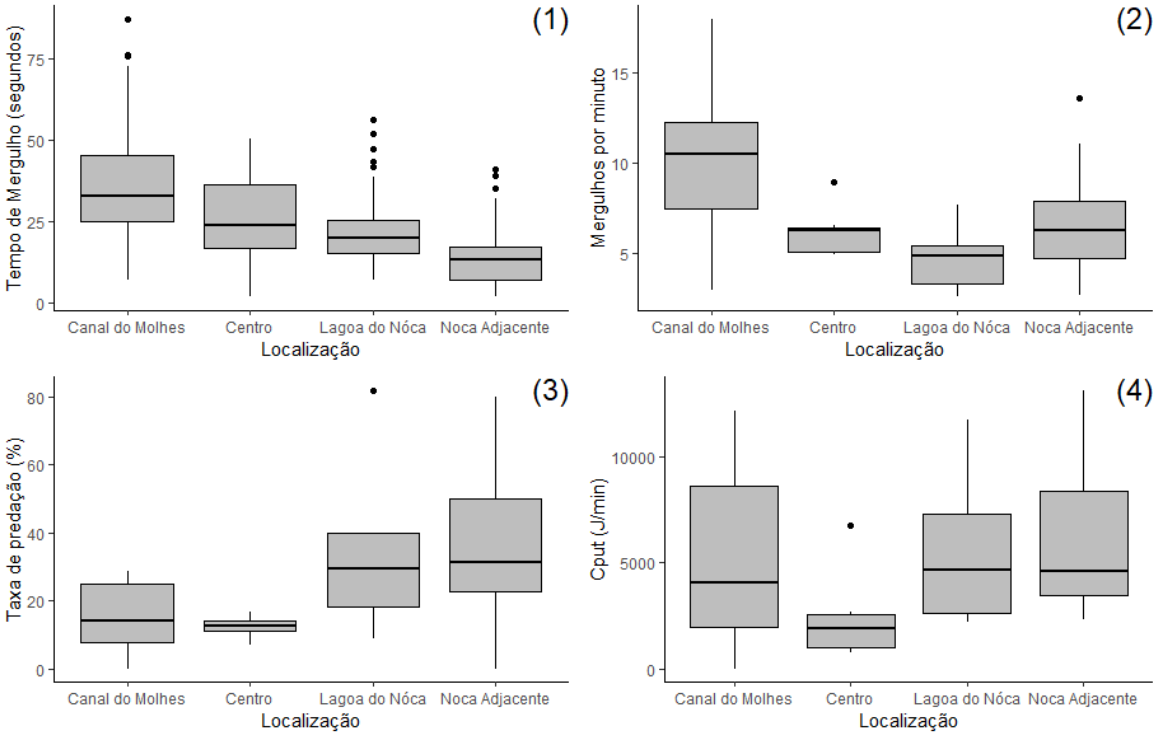


Figura 12. Diferenças comportamentais de mergulho nas quatro localidades do Sistema Estuarino de Laguna. (1) de mergulho. (2) das taxas de predação. (3) Boxplot das taxas de mergulho por minuto. (4) Gráfico de barras do número de presas consumidas por tamanho.

Presas de tamanho PP e P foram as mais frequentemente capturadas, especialmente na Lagoa do Nóca e Lagoa adjacente, enquanto presas de tamanho M e G foram menos predadas. As presas de tamanho M foram frequentemente capturadas na Lagoa do Nóca, Centro histórico e Canal do molhes, enquanto presas maiores foram observadas apenas no Centro histórico e Canal do molhes (Figura 12).

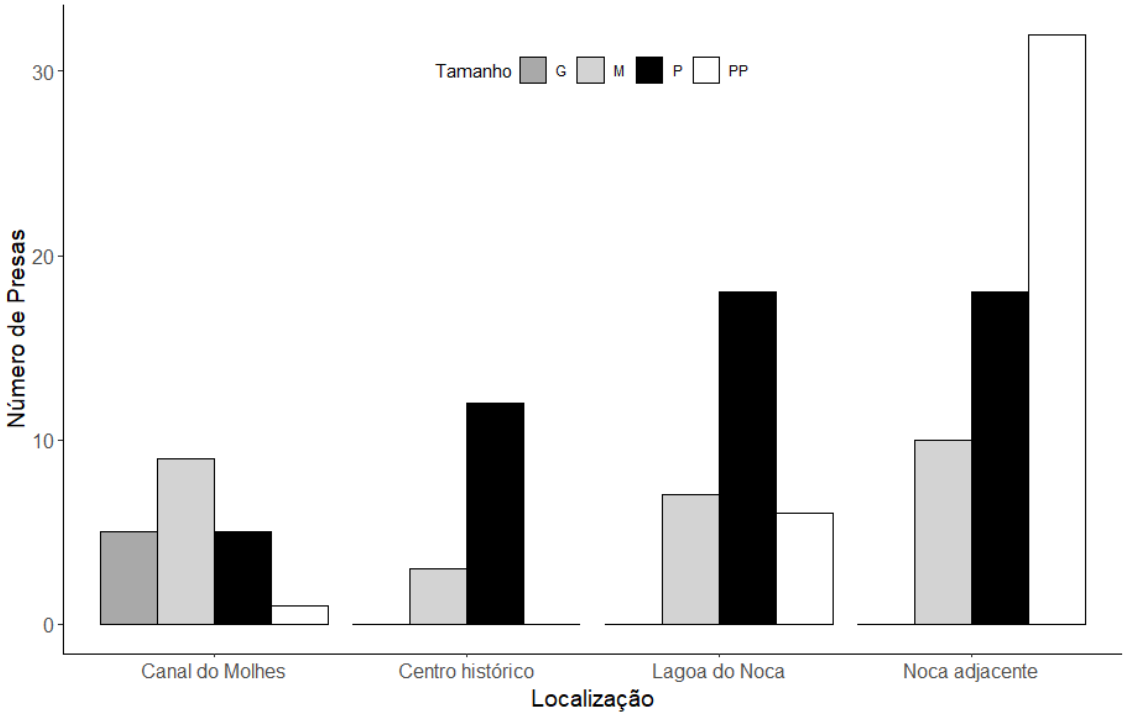


Figura 13. Distribuição de frequências do número de presas consumidas por Biguás nas quatro localidades de interesse dentro do Sistema Estuarino de Laguna, Santa Catarina.

O teste do chi-quadrado realizado para avaliar a associação entre as quatro localizações e as categorias de presas consumidas (PP, P, M e G) apresentou ser altamente significativa ($p < 0,05$, $x^2 = 38,875$ e $GL = 9$). Já os testes Kruskal-Wallis indicaram diferenças significativas nos tempos de mergulho ($x^2 = 62,34$, p-valor < 0,001), tempo de descanso ($x^2 = 156.38$, p-valor < 0,001) e taxas de predação ($x^2 = 156,38$, p-valor < 0,001) entre as quatro diferentes localidades. Entretanto, o mesmo teste não indicou diferenças significativas entre as taxas de ingestão calóricas (Cput) entre os quatro habitats de estudo ($x^2 = 4,0967$, p-valor = 0,25).

Encontramos relações significativas dentre as variáveis observadas. O número de mergulhos está positivamente associado ao número de presas capturadas ($R^2 = 0,26$, $p < 0,05$), assim como o tempo de mergulho aumenta com a profundidade média da água ($R^2 = 0,42$, $p < 0,005$). Além disso, notamos que o tempo de descanso está relacionado tanto ao tempo de mergulho ($R^2 = 0,35$, $p < 0,05$) quanto ao tempo de manipulação ($R^2 = 0,37$, $p < 0,05$) quando presas são capturadas (Figura 13).

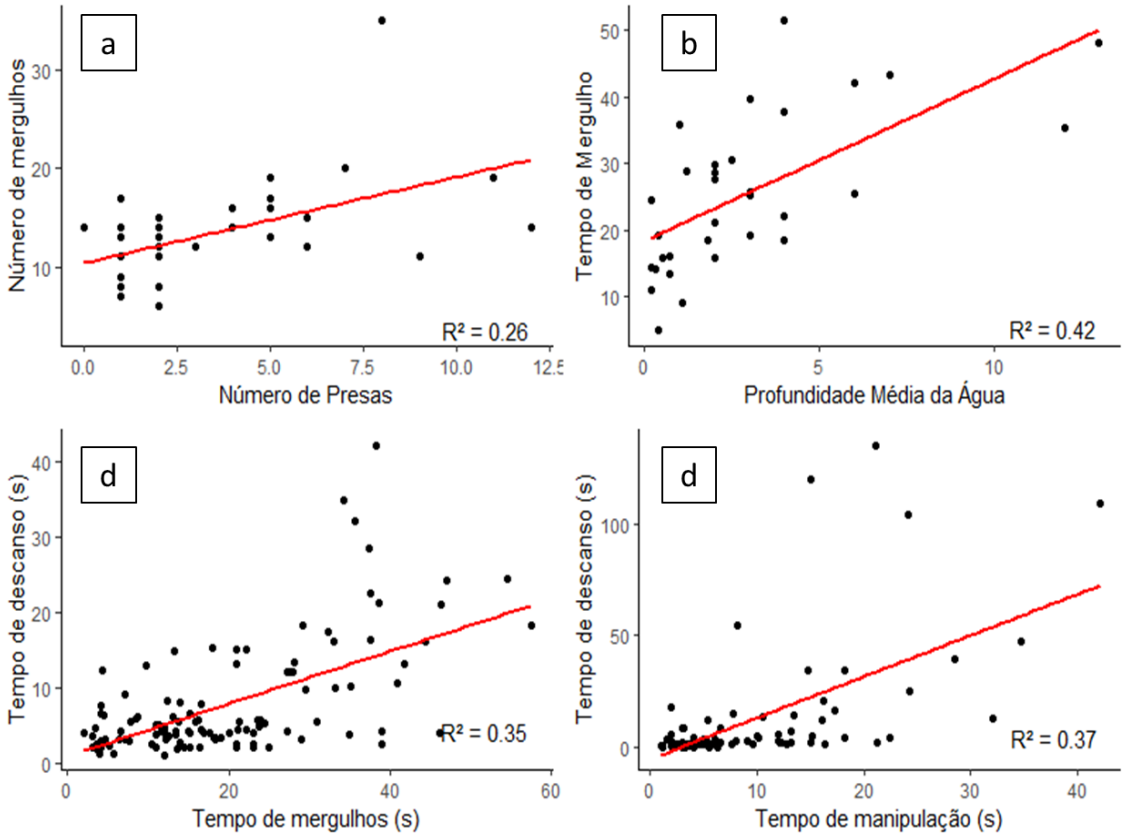


Figura 14. Regressões lineares dentre as variáveis observadas. (a) Número de mergulhos em relação ao número de presas capturadas; (b) Tempo de cada mergulho em relação à profundidade média da água; (c) Tempo de descanso em relação ao tempo de mergulho; e (d) Tempo de descanso em relação ao tempo de manipulação. Os valores de R^2 representam a força da associação.

Monitoramento de mergulhos por transmissores

Os transmissores indicaram que os biguás exploram os recursos aquáticos do SEL ao longo de uma ampla área. Os biguás viajaram uma distância máxima de 16,7 km do dormitório da Lagoa do Nóca, tanto no sentido Sudoeste (Lagoa do Camacho), quanto Noroeste (Lagoa do Imaruí), entretanto as maiores frequências de mergulhos ocorreram ao longo do canal do Molhes e Lagoa de Santo Antônio, que estão localizadas à 2 km do dormitório.

Através dos transmissores foram registrados 4594 mergulhos durante 147 dias de monitoramento (Figura 14.1). Em média, ocorreram 38,1± 27,7 mergulhos por dia, um tempo médio de mergulho de 15,8 ± 9,5 segundos e uma profundidade média de 2,21 ± 1,54 metros. Os biguás utilizaram para suas atividades de forrageamento uma área média de 19,6 ±17,2 Km², e uma

distância máxima percorrida de 12,6 ±3,5 km. Realizaram uma média diária de 11,8 ±6,8 mergulhos e realizaram mergulhos de profundidades médias de 1,92 ±0,9m.

Entre outubro de 2023 e fevereiro de 2024, os transmissores indicaram diferenças entre cada indivíduo monitorado quanto ao número total de mergulhos, média diária de mergulhos, área de forrageamento (Figura 14.2), e profundidade média de mergulhos (Tabela 4).

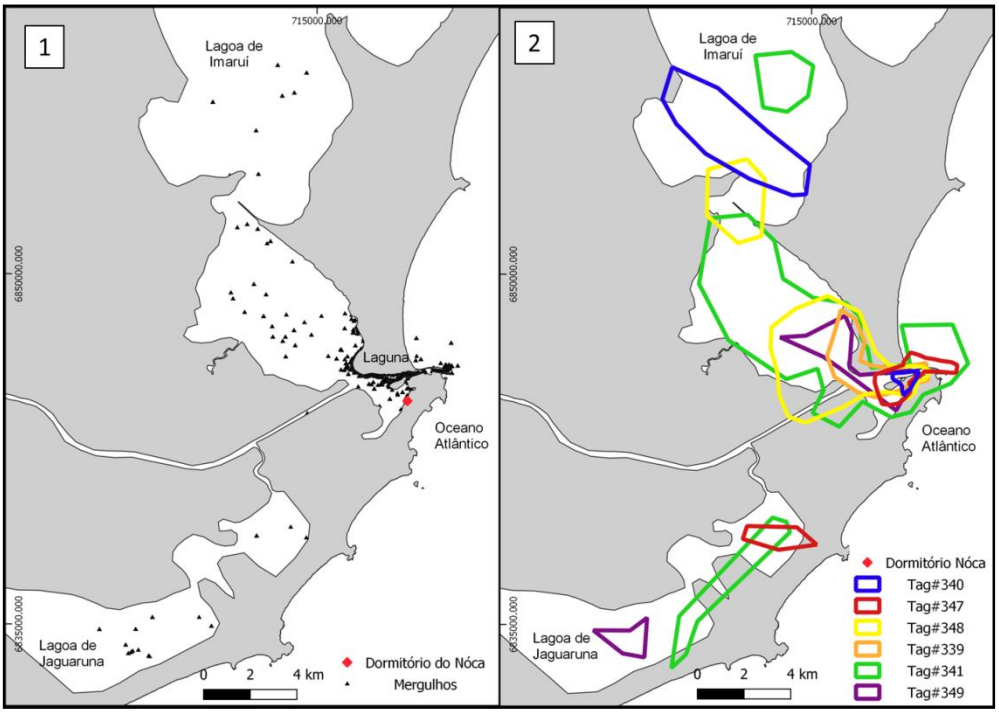


Figura 15. Mapa das áreas de forrageamento de *Nannopterum brasilianum* no Sistema Estuarino de Laguna. (1) Distribuição de pontos referentes a cada mergulho. (2) Polígonos indicado as áreas de forrageamento de cada biguá marcado com um transmissor.

Através da estimativa de densidade Kernel, observou-se que as principais áreas de forrageamento ocorreram na porção final do estuário, próximo ao dormitório e ao longo das orlas do SEL. Frequências de mergulhos ocorreram ao longo da orla da cidade de Laguna (18,7%), dentro no CM (20,3%) e próximas ao oceano, ainda no canal (Figura 15). Cerca de 0,7% dos mergulhos ocorreram no Centro Histórico (CH), 1,7% na Lagoa do Nóca (LN) e 2,3% no Nóca Adjacente (NA).

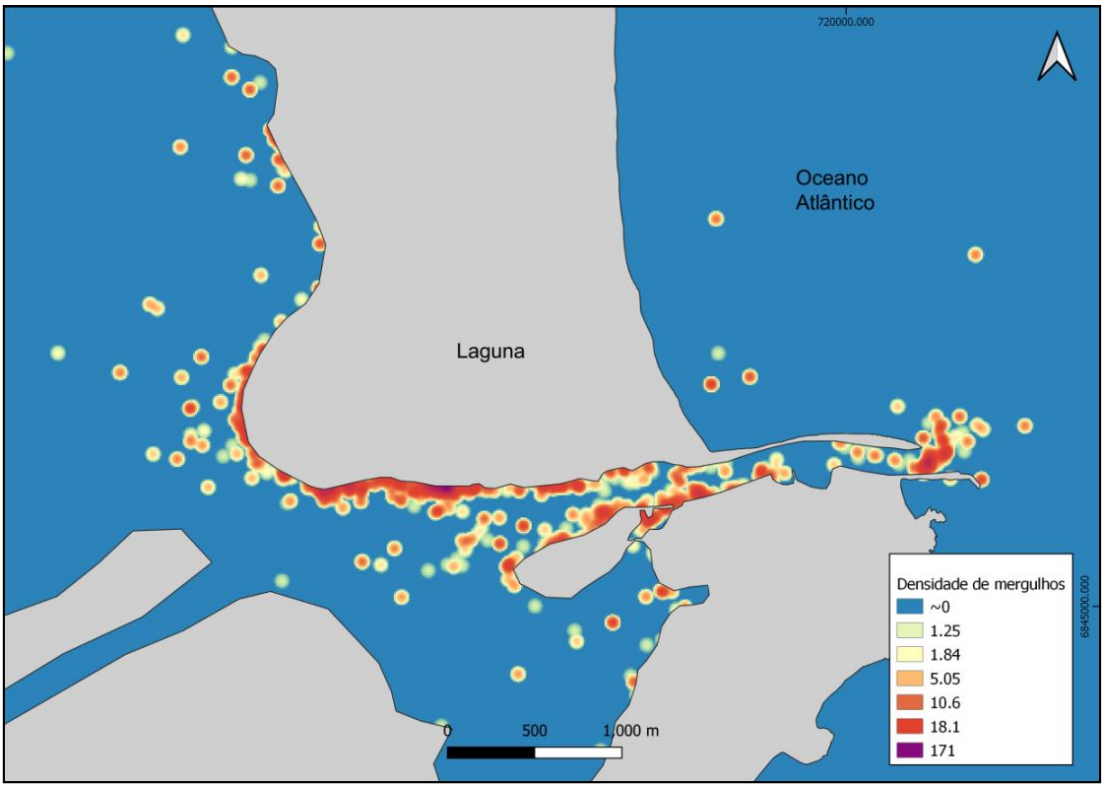


Figura 16. Áreas de forrageamento de *N. brasilianum* (n = 6 indivíduos) na porção baixa do SEL. A amplitude das densidades relativas é representada pelo gradiente de cores doa zul ao roxo, do menos ao mais denso.

Tabela 4. Comparação das características de mergulho (médias ± DP) dentre os indivíduos de *N. brasilianum* (n = 6) marcados com transmissores e suas respectivas áreas de forrageamento e distâncias máximas percorridas para forragear.

Transmissor	#339	#341	#347	#340	#348	#349
	Adulto			Juvenil		
N° total de mergulhos	2597	765	548	102	409	177
Mergulhos por dia	26,0 ± 19,0	13,9 ±12,3	7,51 ±8,35	10,2 ±10,3	7,29 ±9,80	6,10 ± 8,22
Área de alimentação (km²)	7	54	5	15,6	28	8
Dist. Max percorrida (km)	7,7	14,6	8,6	16,7	12,2	16,3
Prof. Mergulho (m)	1,59 ±0,59	3,8 ±2,41	1,19 ±0,41	2,14 ±1,1	1,52 ± 0,67	1,31 ± 0,31

Discussão

Apresentamos aqui uma descrição sobre os comportamentos de mergulho de *N. brasilianum* no SEL, em um estuário raso no litoral sul do Brasil. Em uma escala regional, os resultados mostram que os biguás exploram recursos alimentares no SEL com mais frequência em águas estuarinas e próximas ao dormitório da Lagoa do Nóca. Esta preferência por águas abrigadas é corroborada por estudos no Rio de Janeiro (Alves et al., 2011b), litoral de Santa Catarina (Branco, Evangelista, & Lunardon-Branco, 2009) e Lagoa dos Patos no sul do Brasil (Barquete et al., 2008). Do contrário, biguás podem exibir preferências por sítios de alimentação inseridos em águas marinhas, porém próximas à linha costeira (Quintana et al., 2004). Neste estudo, identificamos viagens de até 18 km de distância (tanto sentido sul quanto noroeste) do dormitório do Nóca, entretanto as escolhas dos sítios de forrageamento ocorreram principalmente em áreas próximas ao dormitório da Lagoa do Nóca. Outras espécies de cormorões comumente viajam distância menores que 25 km (Paillisson et al., 2004).

As duas metodologias utilizadas neste estudo para avaliar os padrões de mergulho de *N. brasilianum* indicaram mergulhos curtos, com uma média de 15 segundos (n = 4594). Esses resultados são consistentes com padrões observados em estudos anteriores, como os relatados na Argentina (Quintana et al., 2004) e na cidade de São Paulo (Gheler-Costa et al., 2018), que também registraram mergulhos de duração semelhante. Entretanto, Morrison (1977) observou biguás forrageando em áreas rasas (≤ 0,5m) e verificou um tempo médio de mergulho de 6.3 segundos. Os padrões de *N. brasilianum* divergem de muitas outras espécies, como *Phalacrocorax penicillatus*, que apresenta uma média de 28 segundos de mergulho no Estado de Oregon, EUA (Peck-Richardson et al., 2018). No Japão, por exemplo, observou-se que os machos de *Phalacrocorax albiventer* mergulham por 108 segundos, enquanto as fêmeas por 30 segundos, e *Phalacrocorax filamentosus* por 37 segundos (Kato et al., 2000).

Um dos principais fatores que influenciam os comportamento de biguás e outras aves da família Phalacrocoracidae é a profundidade da água (Wilson &

Wilson, 1988; Quintana et al., 2004, 2007; Peck-Richardson et al., 2018), apesar de diferenças sexuais (Gómez Laich et al., 2012; Kato et al., 2000) e disponibilidade de presas (Cosolo et al., 2010) também serem fatores que podem exercer influências. Em nosso estudo eram esperadas diferenças significativas nos comportamentos de mergulho e sucesso do forrageamento dentre os quatro diferentes habitats estudados, entretanto encontramos apenas diferenças no tempo de mergulho e nas profundidades de mergulho. Taxas de ingestão de calorias similares em locais que possuem taxas de predação diferentes, pode ser um mecanismo de trade-off no qual os biguás preferem presas maiores e mais difíceis de serem predadas dispendendo de mais energia na procura do alimento. Do contrário, presas menores que dispõe de menos calorias podem ser predadas com maior frequência. Ambos cenários puderam ser observados no CM onde presas G e M ocorreram com maior frequência e no NA, onde presas PP e P foram predadas também com maior frequência. Mais do que uma questão calórica, as escolhas por diferentes sítios de forrageamento podem ocorrer devido à disponibilidade e tipo de presas. Por exemplo, a presença de marismas e substrato lodoso do NA podem ser um gatilho para ao biguá de que existem ali, presas juvenis em alta densidade, sendo necessário um tempo menor de mergulho, e portanto, menos calorias gastas.

Gremillet (1999) discute que temperatura e profundidade da água são fatores que moldam questões energéticas de animais de vida livre, utilizando-se a espécie *P. carbo* como de exemplo. Entretanto esta espécie está associada à regiões de clima temperado e temperaturas mais baixas, onde ambos parâmetros podem de fato exercer pressões severas nas condições de forrageamento de aves mergulhadoras. Do contrário os comportamentos de mergulho de *N. brasilianum* no SEL não exibiram associações com temperatura, mas sim com a profundidade da água e a disponibilidade de presas. A disponibilidade de presas pode apresentar um papel importante nas escolhas de sítios de alimentação de biguás, já que neste estudo, ganhos calóricos foram semelhantes entre locais com maior disponibilidade de presas grandes (CM) e presas pequenas (NA). Nosso resultados também indicam que biguás se alimentam de presas com tamanhos menores, diferentes de outros

estudos que utilizam otólitos como método de amostragem e que são susceptíveis à vieses, com a omissão de tamanho menores de otólitos (Barquete et al., 2008; Tette Pomárico et al., 2020).

A região sul do Brasil é composta por importantes áreas de pesca em ambientes costeiros e estuarinos como a Lagoa dos Patos (Barquete et al., 2008; Vieira & Vieira, 1991) e o SEL (Biehl et al., 2019; Daura-Jorge et al., 2012; Sunye et al., 2014). No SEL, a pesca artesanal tem força e tradição, principalmente quanto ao uso de artes de pescas passivas que têm como alvo o siri (Biehl et al., 2019; Piazza et al., 2021) e do camarão (Sunye et al., 2014). Estas atividades pesqueiras geram descartes que são fontes de alimento para aves marinhas e influenciam fortemente a abundância e distribuição (Barbieri & Pinna, 2006; Branco, 2001).

Conclusões

Os biguás da Lagoa do Nóca se alimentam dentre uma ampla área de forrageamento que contempla desde a Lagoa do Imaruí, Lagoa de Santo Antônio e lagoas do Camacho ao sul da cidade de Laguna. Quando comparado com outras espécies pelo mundo, mergulhos rasos e rápidos predominam em seus comportamentos, podendo haver diferenças nas preferências por diferentes habitats. Nossos dados fornecem informações valiosas de que biguás utilizam áreas de triagem e despesca no SEL como fonte de alimento e estes descartes. Sugerimos futuras avaliações sobre quais influências as pescas podem gerar na biologia reprodutiva de *N. brasilianum,* como viabilizar o sucesso reprodutivo da colônia reduzindo as distâncias viajadas para coletar alimentos e as energias gastas para adquirir alimentos.

Referências bibliográficas

Alarcón, P. A. E., Macchi, P. J., Trejo, A., & Alonso, M. F. (2012). Diet of the Neotropical Cormorant (*Phalacrocorax brasilianus*) in a Patagonian Freshwater Environment Invaded by Exotic Fish. *Waterbirds*, *35*(1), 149–153. https://doi.org/10.1675/063.035.0115

Alves, V., Soares, A., Couto, G. s, & Draghi, J. (2011). Pattern of occurrence and distribution of Neotropic Cormorants (Phalacrocorax brasilianus) in the Guanabara Bay, Rio de Janeiro, Brazil. *Revista Brasileira de Ornitologia*, *19*, 469–477.

Barbieri, E., & Pinna, F. V. (2006). Abundância temporal de Fregata magnificens (Pelecaniformes: Fregatidae) na Ilha Comprida (São Paulo, Brasil) em 2006 e sua relação com barcos de pesca. *São Paulo*, *18*, 99–110.

Barquete, V., Bugoni, L., & Vooren, C. M. (2008). Diet of Neotropic cormorant (Phalacrocorax brasilianus) in an estuarine environment. *Marine Biology*, *153*(3), 431–443. https://doi.org/10.1007/s00227-007-0824-8

Barquete, Viviane, Vooren, C. M., & Bugoni, L. (2008). Seasonal abundance of the Neotropic Cormorant (Phalacrocorax brasilianus) at Lagoa dos Patos estuary, Southern Brazil. *El Hornero*, *23*(1), 15–22. https://doi.org/10.56178/eh.v23i1.745

Biehl, T. M., Dantas, D. V., & Gentil De Farias, E. G. (2019). Influence of Crab Trap Geometry and Wind Direction over the Catch Fluctuations in a Neotropical Coastal Lagoon. *Journal of FisheriesSciences.com*, *13*(1). https://doi.org/10.36648/1307-234X.13.1.157

Branco, J. O. (2001). Descartes da pesca do camarão sete-barbas como fonte de alimento para aves marinhas. *Revista Brasileira de Zoologia*, *18*(1), 293–300. https://doi.org/10.1590/S0101-81752001000100033

Branco, J. O. (2002). Flutuações sazonais na abundância de Phalacrocorax brasilianus (Gmelin) no estuário do Saco da Fazenda, Itajaí, Santa Catarina, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, *19*(4), 1057–1062. https://doi.org/10.1590/S0101-81752002000400010

Branco, J. O., Evangelista, C. L., & Lunardon-Branco, M. J. (2009). *Atividade diária de Phalacrocorax brasilianus (Aves, Phalacrocoracidae), na região do Saco da Fazenda, Itajaí, SC, Brasil*.

Cosolo, M., Ferrero, E. A., & Sponza, S. (2010). Prey ecology and behaviour affect foraging strategies in the Great Cormorant. *Marine Biology*, *157*(11), 2533–2544. https://doi.org/10.1007/s00227-010-1517-2

Dantas, David V., Ribeiro, C. I. R., Frischknecht, C. D. C. A., Machado, R., & Farias, E. G. G. (2019). Ingestion of plastic fragments by the Guri sea catfish Genidens genidens (Cuvier, 1829) in a subtropical coastal estuarine system. *Environmental Science and Pollution Research*, *26*(8), 8344–8351. https://doi.org/10.1007/s11356-019-04244-9

Dantas, David Valença, Barletta, M., Araújo Lima, A. R., De Assis Almeida Ramos, J., Da Costa, M. F., & Saint-Paul, U. (2012). Nursery Habitat Shifts in an Estuarine Ecosystem: Patterns of Use by Sympatric Catfish Species. *Estuaries and Coasts*, *35*(2), 587–602. https://doi.org/10.1007/s12237-011-9452-0

Daura-Jorge, F. G., Cantor, M., Ingram, S. N., Lusseau, D., & Simões-Lopes, P. C. (2012). The structure of a bottlenose dolphin society is coupled to a unique foraging cooperation with artisanal fishermen. *Biology Letters*, *8*(5), 702–705. https://doi.org/10.1098/rsbl.2012.0174

De Mello Cionek, V., Rodrigues-Filho, J. L., Petsch, D. K., & Branco, J. O. (2022). Ecological uniqueness and species contribution to beta diversity differ between fishes and crustaceans' bycatch in subtropical shallow marine ecosystems. *Aquatic Sciences*, *84*(3), 41. https://doi.org/10.1007/s00027-022-00872-5

Dorfman, E. J., & Kingsford, M. J. (2001). Environmental determinants of distribution and foraging behaviour of cormorants (Phalacrocorax spp.) in temperate estuarine habitats. *Marine Biology*, *138*(1), 1–10. https://doi.org/10.1007/s002270000437

Frischknecht, C. D. C. A., Dantas, D. V., Rodrigues-Filho, J. L., & Gentil, E. (2023). Composition and diversity of fish assemblages along a shallow beach of a neotropical coastal

lagoon. *Regional Studies in Marine Science*, *63*, 102993. https://doi.org/10.1016/j.rsma.2023.102993

Gatto, A., Quintana, F., & Yorio, P. (2008). Feeding Behavior and Habitat Use in a Waterbird Assemblage at a Marine Wetland in Coastal Patagonia, Argentina. *Waterbirds*, *31*(3), 463–471. https://doi.org/10.1675/1524-4695-31.3.463

Gil-Weir, K., Weir, E., Casler, C. L., & Aniyar, S. (2011). Ecological functions and economic value of the Neotropic Cormorant (*Phalacrocorax brasilianus*) in Los Olivitos Estuary, Venezuela. *Environment and Development Economics*, *16*(5), 553–572. https://doi.org/10.1017/S1355770X11000179

Gómez Laich, A., Quintana, F., Shepard, E. L. C., & Wilson, R. P. (2012). Intersexual differences in the diving behaviour of Imperial Cormorants. *Journal of Ornithology*, *153*(1), 139–147. https://doi.org/10.1007/s10336-011-0714-1

Kato, A., Watanuki, Y., Nishiumi, I., Kuroki, M., Shaughnessy, P., & Naito, Y. (2000). Variation in Foraging and Parental Behavior of King Cormorants. *The Auk*, *117*(3), 718–730. https://doi.org/10.1093/auk/117.3.718

Lozano-Sanllehi, S., & Zavalaga, C. B. (2021). Nonrandom spatial distribution of Neotropic Cormorants (Phalacrocorax brasilianus) along a coastal highway in Lima, Peru. *PLOS ONE*, *16*(3), e0242835. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0242835

MacLusky, D. S., Elliott, M., & McLusky, D. S. (2004). *The estuarine ecosystem: Ecology, threats and management* (3. ed). Oxford: Oxford Univ. Press.

Östman, Ö., Boström, M. K., Bergström, U., Andersson, J., & Lunneryd, S.-G. (2013). Estimating Competition between Wildlife and Humans–A Case of Cormorants and Coastal Fisheries in the Baltic Sea. *PLoS ONE*, *8*(12), e83763.
https://doi.org/10.1371/journal.pone.0083763

Paillisson, J.-M., Carpentier, A., Le Gentil, J., & Marion, L. (2004). Space utilization by a cormorant (Phalacrocorax carbo L.) colony in a multi-wetland complex in relation to feeding strategies. *Comptes Rendus. Biologies*, *327*(5), 493–500. https://doi.org/10.1016/j.crvi.2004.02.008

Peck-Richardson, A., Lyons, D., Roby, D., Cushing, D., & Lerczak, J. (2018). Three-dimensional foraging habitat use and niche partitioning in two sympatric seabird species, Phalacrocorax auritus and P. penicillatus. *Marine Ecology Progress Series*, *586*, 251–264. https://doi.org/10.3354/meps12407

Piazza, T. B., Pessoa, M. B., Santiago, D. F., Perroca, J. F., Wagner, B., Dantas, D. V., … Rodrigues-Filho, J. L. (2021). ASPECTOS ECONÔMICOS, TECNOLÓGICOS E SOCIOCULTURAIS DA PESCA DE SIRI-AZUL NO SISTEMA ESTUARINO DE LAGUNA (SC), E SUA DINÂMICA ESPAÇO-TEMPORAL ATRAVÉS DO CONHECIMENTO ECOLÓGICO LOCAL DE PESCADORES ARTESANAIS. Em *Engenharia de Pesca: Aspectos teóricos e práticos* (1º ed, p. 36–61). Editora Científica Digital. https://doi.org/10.37885/210404220

Portugal, S. J., & White, C. R. (2018). Miniaturization of biologgers is not alleviating the 5% rule. *Methods in Ecology and Evolution*, *9*(7), 1662–1666. https://doi.org/10.1111/2041-210X.13013

Quintana, F, Wilson, R., & Yorio, P. (2007). Dive depth and plumage air in wettable birds: The extraordinary case of the imperial cormorant. *Marine Ecology Progress Series*, *334*, 299–310. https://doi.org/10.3354/meps334299

Quintana, Flavio, Yorio, P., Lisnizer, N., Gatto, A., & Soria, G. (2004). DIVING BEHAVIOR AND FORAGING AREAS OF THE NEOTROPIC CORMORANT AT A MARINE COLONY IN PATAGONIA, ARGENTINA. *The Wilson Bulletin*, *116*(1), 83–88. https://doi.org/10.1676/0043-5643(2004)116[0083:DBAFAO]2.0.CO;2

Rodrigues-Filho, J. L., Macêdo, R. L., Sarmento, H., Pimenta, V. R. A., Alonso, C., Teixeira, C. R., … Cionek, V. M. (2023). From ecological functions to ecosystem services: Linking coastal lagoons biodiversity with human well-being. *Hydrobiologia*, *850*(12–13), 2611–2653. https://doi.org/10.1007/s10750-023-05171-0

Ropert-Coudert, Y., & Wilson, R. P. (2005). Trends and perspectives in animal-attached remote sensing. *Frontiers in Ecology and the Environment*, *3*(8), 437–444. https://doi.org/10.1890/1540-9295(2005)003[0437:TAPIAR]2.0.CO;2

Sick, H., Pacheco, J. F., & Haffer, J. (1997). *Ornitologia brasileira* (2. impr). Rio de Janeiro: Ed. Nova Fronteira.

Sunye, P. S., Pereira, T. J., Russo, A., & Netto, S. A. (2014). A pesca do camarão-rosa no Sistema Estuarino de Laguna, SC: história e acasos das políticas de manejo. Em M. Haimovici, J. M. Andriguetto Filho, & P. S. Sunye, *A pesca marinha e estuarina no Brasil: Estudos de casos multidisciplinares*. Editora da FURG.

Tette Pomárico, A., López-Peña, A., Franke-Ante, R., & Duarte, L. O. (2020). Dieta y amplitud del nicho trófico del cormorán neotropical [Nannopterum brasilianus (Gmelin, 1789)] en el Santuario de Flora y Fauna Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe de Colombia. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, *49*(SuplEsp), 193–208. https://doi.org/10.25268/bimc.invemar.2020.49.SuplEsp.1072

Vieira, J. P., & Vieira, J. P. (1991). Juvenile Mullets (Pisces: Mugilidae) in the Estuary of Lagoa dos Patos, RS, Brazil. *Copeia*, *1991*(2), 409. https://doi.org/10.2307/1446590

Wakefield, E., Phillips, R., & Matthiopoulos, J. (2009). Quantifying habitat use and preferences of pelagic seabirds using individual movement data: A review. *Marine Ecology Progress Series*, *391*, 165–182. https://doi.org/10.3354/meps08203

Wilson, R. P., & Wilson, M.-P. T. (1988). Foraging Behaviour in Four Sympatric Cormorants. *The Journal of Animal Ecology*, *57*(3), 943. https://doi.org/10.2307/5103

Zwolicki, A., Zmudczyńska-Skarbek, K. M., Iliszko, L., & Stempniewicz, L. (2013). Guano deposition and nutrient enrichment in the vicinity of planktivorous and piscivorous seabird colonies in Spitsbergen. *Polar Biology*, *36*(3), 363–372. https://doi.org/10.1007/s00300-012-1265-5

Capítulo 3

Human-wildlife conflict between *Neotropic cormorant* and artisanal fisheries induce dubious management police in southern Brazil

Abstract

Human-wildlife conflicts pose significant challenges, requiring nuanced solutions rooted in ecological understanding and community engagement. In this sense, this chapter explores the first documented South American conflict scenario between Neotropic cormorants (*Nannopterum brasilianum*) and artisanal fisheries, located on Laguna Estuarine System, southern Brazil. Local reports converge on the information that, after 2015, Neotropic cormorants began to establish a reproductive colony on a non-breeders dormitory located at Nóca Lagoon, near the estuary mouth. The colony's consistent presence over the years and intense feeding activity, along with possible recruitment of cormorants, may lead to the perspective of increased population and nuances among fishermen. These concerns include vegetation suppression dealt by guano deposition, food competition, property damage and fishery resources depletion. Despite no evidence of cormorant population increase and due the fact that fishing is an important regional activity, there was a response from local lawmakers to handle with this situation (Municipal Ordinary Law number 2.154/2020).The law imposes the harmful status to the native bird species and permit measures to ’clean’ harmful populations from properties. In addition, this law lacks control guidelines to cormorant populations, threating the local biodiversity and exacerbating the emerging human-wildlife conflict. To address these challenges it is needed holistic and interdisciplinary approaches that understand cormorant behaviors and its interaction with fisheries activity. From the knowledge bridge built from lawmakers, stakeholders, scientists and fisherman it is possible to foster dialogue and adopt a conceptual framework to mitigate conflicts outputs and promote harmonious coexistence between wildlife and human activities.

Resumo

Conflitos entre humanos e vida selvagem representam desafios significativos, exigindo soluções nuances baseadas em compreensão ecológica e engajamento comunitário. Nesse sentido, este capítulo explora o primeiro cenário de conflito documentado na América do Sul entre biguás (*Nannopterum brasilianum*) e pescarias artesanais, localizado no Sistema Estuarino de Laguna, sul do Brasil. Relatos locais convergem para a informação de que, após 2015, biguás começaram a estabelecer uma colônia reprodutiva em um dormitório de não-reprodutores localizado na Lagoa do Nóca, perto da boca do estuário. A presença consistente da colônia ao longo dos anos e a intensa atividade de alimentação, juntamente com o possível recrutamento de biguás, podem levar à perspectiva de aumento populacional e nuances entre os pescadores. Essas preocupações incluem supressão da vegetação provocada pela deposição de guano, competição por alimento, danos à propriedade e esgotamento dos recursos pesqueiros. Apesar da falta de evidência de aumento populacional de biguás e do fato de que a pesca é uma atividade regional importante, houve uma resposta de legisladores locais para lidar com essa situação (Lei Municipal Ordinária número 2.154/2020). A lei impõe o status de prejudicial à espécie de ave nativa e permite medidas para 'limpar' populações prejudiciais de propriedades. Além disso, essa lei carece de diretrizes de controle para as populações de biguás, ameaçando a biodiversidade local e exacerbando o emergente conflito entre humanos e vida selvagem. Para enfrentar esses desafios, são necessárias abordagens holísticas e interdisciplinares que compreendam os comportamentos dos biguás e sua interação com a atividade pesqueira. A partir da ponte de conhecimento construída por legisladores, partes interessadas, cientistas e pescadores, é possível fomentar o diálogo e adotar uma estrutura conceitual para mitigar os resultados dos conflitos e promover uma convivência harmoniosa entre a vida selvagem e as atividades humanas.

Keywords: Ecological conflict, environmental policy, estuarine ecosystem, *Nannopterum brasilianum*, Santa Catarina.

Introduction

Human–wildlife conflicts (HWC) may be defined as interactions between humans and wildlife with adverse outcomes for both sides (Nyhus, 2016). HWCs are associated with real threats (Treves & Karanth, 2003) and/or with a unreal perception that wildlife threatens humans activities and livelihood (Peterson et al., 2010). Unresolved HWC can be considered 'intractable' when human interested actors (e.g. aquiculture, fisheries, social communities and law makers) have different perspectives (Marzano et al., 2013), lack of basic scientific information and bad legal instruments (Ottoni et al., 2021), regarding the conflict issues and solutions. These 'intractable' conflicts need a broader overview (participation of different actors) and interdisciplinary approaches (transboundary scientific and jurisdictional disciplines) to generate multiple knowledge and new resolutions (Carss, 2022; König et al., 2020).

As a consequence of human invasion in natural areas and habitats loss (Powers & Jetz, 2019), there are high spatial overlap between wildlife and humans, increasing HWC worldwide (König et al., 2020). Furthermore, HWCs can be amplified by climate changes (Abrahms et al., 2023; Nyhus, 2016). In Brazil, HWCs have been intensified and diversified for the past two decades (Marchini & Crawshaw, 2015) involving depredation of livestock (Balbuena-Serrano et al., 2021), attack on humans (Neto et al., 2011), fishing gear damage (Cook et al., 2022), traffic collisions (França Balbino Da Silva et al., 2022), damage to agriculture (De Carvalho et al., 2019), exotic species expansion (Pelicice et al., 2014) and erroneous law creation that threats biological diversity and ecosystem services (Ottoni et al., 2021). These HWCs involves a wide range of species with different conservation status, from endangered species such as Jaguar (*Panthera onca*) (Neto et al., 2011) and Black caiman (*Melanosuchus niger*) (Cook et al., 2022); to least concerned species, as White-eyed parakeet (*Psittacara leucophthalmus*) (De Carvalho et al., 2019) and Capybara (*Hydrochoerus hydrochaeris*) (Cook et al., 2022).

As the global HWCs, Brazilians HWC's cases need a representativeness of social, scientific and political players that work to propose and implement interdisciplinary paths into a resolution to management and decision-making

towards human and wildlife coexistence (Marchini & Crawshaw, 2015). In this context, the present opinion essay has the objective to highlight the first documented HWC between fisheries and an abundant colonial bird species in Brazilian waters, the Neotropic cormorant (*Nannopterum brasilianum*). Here, we contextualized the global problem with an illustrative local conflict between cormorants and local stakeholders (i.e. aquaculture producers and artisanal fishers) in the Laguna Estuarine System (LES), southern coast of Santa Catarina State, Brazil. With a holistic approach, we explore the HWC's context, assessing the management action (i.e. municipal law) created to handle the conflict, which is not science-based and is in mismatch with the Brazilian Federal Constitution while also suggesting a conceptual model to frame this cormorant-fisheries conflict for the first time in Brazil.

CORMORANT-FISHERIES CONFLICTS OVERVIEW

Cormorants (Aves: Phalacrocoracidae) comprises a group of 40 piscivorous bird species with a worldwide distribution, occurring mainly near marine and freshwater environments (Kennedy & Spencer, 2014). Their significant predatory roles (Doucette et al., 2011), colonial breeding strategy (Kalmbach & Becker, 2005; Quintana et al., 2002a) and guano deposition (Kolb et al., 2015) enhances the perception that these birds negatively impacts human activities (Östman et al., 2013b). This interaction between cormorant and fisheries/aquaculture is an issue of global concern (Marzano et al., 2013). North Hemisphere countries has a long history of localized and widespread cormorants-fisheries conflicts which led to a series of managements, policies debates and law creation. Most of these created international laws permits lethal actions and propose hunting seasons, as well as derogates protective measures against harmful species (see table 1 for more details) (Carss, 2022; Dorr et al., 2022; Keith, 1995; Ludwig et al., 2023; Marzano et al., 2013; Taylor et al., 2011; Van Eerden & Carss, 2012). As an example, in Sweden, Kolb et al. (2015) highlights the significant impact of cormorants nesting colonies on soil chemistry, microbial communities and soil fauna in islands ecosystems. Wires (2015) extensively analyzed the long-standing conflicts related to cormorants in the Northern Hemisphere,

investigating legal and policy issues that have led to condemnations of cormorant populations in Canada and the United States, including the measurement of population impacts and management strategies. In South America, a few studies regard specific points of the Neotropic cormorants interaction with fisheries and aquacultures. For instance, in the Los Olivitos estuary at Venezuela, a negligible impact on fisheries was evaluated through balancing several cormorants ecological functions values, such as harvested food by cormorants; fish school indication and guano contribution to fish biomass (Gil-Weir et al., 2011). Another documented interaction between Neotropic cormorant and commercial fish ponds occurred in Highland Lakes in Ecuador, where the cormorant population increase have led to actions by the pond owners to keep cormorants away (Guevara et al., 2011). In Brazil, there are no documented conflict between cormorants and fisheries, but their inexistence may be explained by the use of other means of publication, such as social media and newspapers, rather scientific literature (Bell et al., 2012). Lack of documented scientific knowledge can lead to economically biased conflict solutions (Carneiro & da Silva Rosa, 2011) or the creation of erroneous laws and policies that can either threats biodiversity (Ottoni et al., 2021) or legally endorse actions against living beings, such as cormorants (Dorr et al., 2022; Wires, 2015). In Brazil, challenges in using evidence-based knowledge in policymaking include not fully using scientific evidence, political interference, ignoring conflicting data (specially within agriculture and biodiversity conservation), institutional barriers, and resistance to making structural changes, which hinders evidence-based decision-making (Donadelli, 2020).

NEOTROPIC CORMORANTS DISTRIBUTION IN BRAZIL

Neotropic cormorants (*Nannopterum brasilianum*) forages on shallow waters by pursuit diving its preys while exhibits a generalist and opportunistic behavior, consuming mainly juvenile fishes and crustaceans (Branco, 2002; Barquete et al., 2008; Oliveira et al., 2019; Tette Pomárico et al., 2020). Their plasticity on the use of resources enables them to tolerate changes in prey availability and change prey preferences accordingly (Barquete et al., 2008).

The species reproductive colony is conspicuous, with hundreds of animals located near aquatic ecosystem (Sick et al., 1997). Reproductive colonies of the species are documented in United States (Hanson et al., 2010), Central Chile (Kalmbach & Becker, 2005) and Argentina (Quintana et al., 2002b), with a few researches in Brazil that indicates punctual cormorants colonies in Santa Catarina State (Azevedo, 1995), Pantanal region (Silva et al., 2000) and Rio de Janeiro coast (Alves et al., 2011a).

The literature indicate that the species carried out seasonal migrations between foraging and breeding sites, however, in Brazil, there is only studies that focus on temporal abundance fluctuations, which may indicates species migration patterns (Barquete et al., 2008; Branco, 2002; E. F. Silva et al., 2014). For instance, an abundance fluctuation was observed in south of Brazil in Lagoa dos Patos by Barquete et al. (2008), suggesting that cormorants either migrate in autumn-winter to breeding colonies northwards to Pantanal or southwards to Santa Fé and Paraná River basin in Argentina, in this last area corroborating with a local study (Olrog, 1975). Abundances fluctuations were also observed in Saco da Fazenda estuary, Santa Catarina, and northern part of Amazonia basin, State of Amapá (Branco, 2002; E. F. Silva et al., 2014), without reproductive colony observed nearby of both areas. In Guanabara Bay ecosystem at Rio de Janeiro, cormorant populations exhibited abundance fluctuation, however with an opposite trend with highest peaks occurring during Autumn-winter and decreasing during summer-spring (Da Silva et al., 2018). These ecological aspects as predatory behavior and gaps of migration patterns not only raise ecological questions about this abundant and widespread cormorant, but also exacerbate potential conflicts with fisheries and aquiculture activities which may compete for the same resources, as an example of Laguna cormorant population conflict with its artisanal fisheries and aquaculture.

THE LAGUNA CITY CONFLICT: ESTUARY, CORMORANTS AND ARTISANAL FISHERIES

LES is situated on Brazilian southern coast, State of Santa Catarina. The estuary has three interconnected elliptical lagoons spread parallel to the coast, with a choked connection to the sea (Figure 1), an average depth of

two meters, a total area of 184 km² and strong hydrological influence of Tubarão River basin (Barletta et al., 2017; Netto & Pereira, 2009). The climate is classified as ‘Cfa’ , which consists on a Temperate region with a hot summer and no dry season (Beck et al., 2018; Peel et al., 2007b). LES contains two intertidal vegetation of temperate and tropical zones, respectively, marshes and mangroves, with the latter on its austral distribution limits (Cohen et al., 2020). These vegetation and LES estuary dynamics, such as tide regimes and Tubarão river fresh water discharge, provide different feeding habitats, nursery grounds and refuge for the fresh water, marine and estuarine fauna (Frischknecht et al., 2023; Netto & Pereira, 2009), as well as habitat for cormorants to establish colonies and night roosts along the estuary. As consequence of these ecological features, LES contains important fishing activities (Sunye et al., 2014; Piazza et al., 2021), which provides historical, economic, social and cultural values to artisanal fishermen in the region (Barletta et al., 2017; Rodrigues-Filho et al., 2023).

The conflict between fishermen and cormorants in LES can be date back in 1760 (Ulyssea, 2005), when fishery was considered exclusively the main economic activity in Laguna city, the major city in LES’s adjacencies. In that occasion, the municipal chamber imposed several strategies to avoid stocks depletions, as implementing larger fishing net meshes, prohibiting estuary mouth fishing, and obliging the population to turn in cormorant heads to authorities, with strict penalties for no adherence. The latter imposition was intended to ‘protect the local fisheries from the voracious seabirds’ (Ulyssea, 2005).

Despite its historical nature, concerns persist among the fishing community regarding the ‘voracious’ behavior of cormorants, which relates to their feeding strategies. Thus, local reports indicates an increase in cormorant populations around 2015, probably marked by migrating cormorants using the estuarine areas and the establishment of new colonies throughout the estuary adjacencies. These colonies intensifies guano deposition on land, suppressing vegetation at roosting sites (Figure 2), while feeding activities of cormorants channels attention from observers and artisanal fisheries with conspicuous flocks.

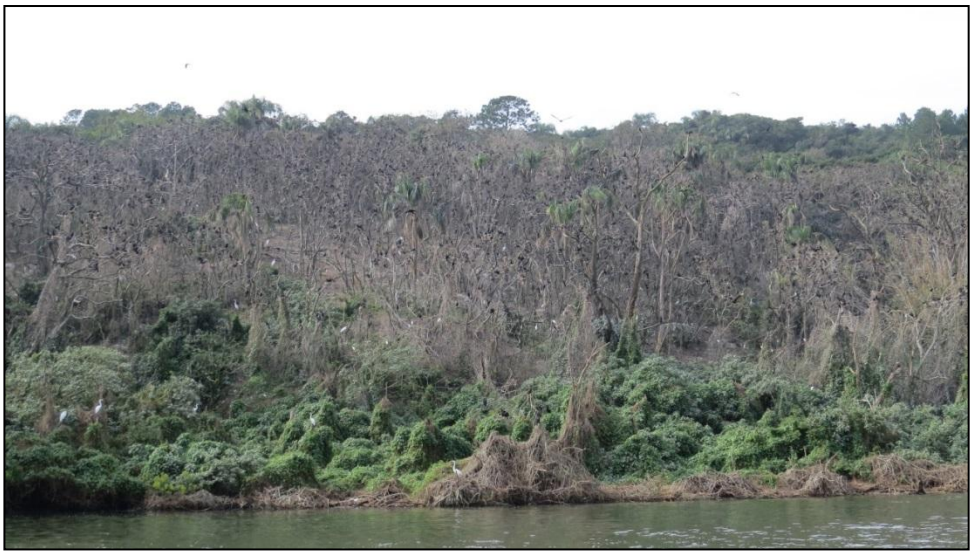


Figure 17. *Nannopterum brasilianum* nest density and vegetation suppression dealt by guano deposition on the main breeding colony at Laguna Estuarine System, southern coast of Santa Catarina, Brazil.

Although the ecological aspects of this local conflict have not yet been fully explored and further investigation still pending, the conflict permeates various outcomes of HWC, including resource competition, livestock depletion, habitat degradation, property damage, and income loss (Abrahms et al., 2023). For instance, cormorants feeding behaviors and daily consumption (Barquete et al., 2008; Gil-Weir et al., 2011) underlies a perception of species voracity. Prey preferences (Barquete et al., 2008; Branco et al., 2009) creates a perspective of food resource competition with LES artisanal fisheries and fish stock depletion by consuming locally targeted species, including White croakers, *Micropogonias furnieri*; Catfishes, *Genidens* spp.; Mullets, *Mugil liza*; and pink -shrimps *Farfantepenaeus* spp (Sunye et al., 2014; Piazza et al., 2021). Furthermore, the local community living near the colonies complains about the smell and vegetation suppression caused by toxic loads of nutrients as a result of intensified guano deposition beneath nests and perching sites. It is important to highlight that guano deposition in coastal ecosystems is considered a support ecosystem service (Costanza et al., 2017; Green & Elmberg, 2014; Rodrigues-Filho et al., 2023) that assists soil formation and primary production by incorporating carbon, nitrogen and phosphorus to biomass and inflicting a bottom-up cascade effect (Gagnon et al., 2013).

LES are fully explored by artisanal fisheries which uses 11 different types of fishery method (Barletta et al., 2017), mainly by the usage of passive fishing gear, such as fyke nets, crab traps and gillnet (Biehl et al., 2019; Sunye et al., 2014). These artisanal and subsistence fisherman claims economic losses when cormorants reach their bait or destruct their gear to access the captured resource. Meanwhile, shrimp farmers are also affected by cormorant predation at artificial ponds as all invested time and capital in the whole process of production is lost when cormorants consume their grown shrimp. Actions to avoid/reduce cormorants on fish pounds is already a thing among fish/shrimp producers around the world (Lemmens et al., 2016; I. C. Russell et al., 2022). Shrimp farmers in SEL mitigate the predation effects of cormorants by the use of nylon lines above the artificial ponds.

BRAZILIAN LAW LIMITATIONS AND LES CONFLICT ESCALATION

Brazil's legal framework adds complexity; with a Federal Constitution on its top of normative hierarchy along with constitutional emends. Meanwhile at the bottom of this hierarchy tier, the Primary Norms consists in legislative mechanisms that regulates and execute the basic rights and guarantees insured by Federal Constitution. In this sense, the principle of the hierarchy of norms (Article. 59°) grounded in Federal Constitution, dictates that these primary norms (i.e. Ordinary and Complementary laws) must comply with federal constitution. Nonetheless, an Ordinary law when accepted by simple majority on municipal sphere may not be regulated by higher spheres if not provoked (questioned) or indicted for irregularities.

In the city of Laguna, as a response to the apparent abundance increase and raised concerns about cormorant impacts on the estuary and artisanal fishery production, the municipal chamber implemented the Ordinary Law number 2.154 in 2020 (Table 1) to handle with this HWC. Despite lack of scientific basis regarding *N. brasilianum*, the bird species was declared as harmful and synanthropic alongside Capybaras (*H. hydrochaeris*), which the latter species do associate with human fatalities by Brazilian Spotted Fever (Labruna, 2013). This ordinary law was driven by community concerns and didn't present explicit management actions and guidelines for *N. brasilianum*.

Instead, in a broad aspect, ’permitted citizens, public authorities and property owners to adopt necessary measures to keep properties clean and free from harmful synanthropic fauna, without harming nature’ (Ordinary law 2.154/2020, Article 5°). The municipal law states, without evidence, that there is a population increase and justifies the control actions as ‘a result of extinction or lack of cormorant predators’, while also states that ‘cormorants cause a significant decrease in marine fauna in Laguna Estuarine System’. It also discusses that ‘cormorants guano, being acid, affect the environment by damaging roots, leaves and soil’ and ‘the species is out of control since it occupies urban areas’. This first documented act serves as an example of how Brazilian environmental lawmakers intend not to engage the scientific community, although they tend to prioritize local economic interests (Carneiro & da Silva Rosa, 2011).

Subsequently, in 2021, an autonomous public agency, Laguna Environment Foundation (FLAMA) sent an Internal Notification number 76 in 2021 to IBAMA (Brazilian Institute of the Environment and Renewable Natural Resources - a centralized executive environmental public agency). The document issued “a possible super population of *Nannopterum brasilianum* in Laguna” and informs the govern responsible institutions about Laguna’s ‘cormorant population boom’ and ‘its potential impacts on native vegetation, shrimp farms and artisanal fisheries’, while also raise important ecological questions about this abundance being atypical, seasonal or have historical precedent. This internal notification (76/2021) is a technical document made by FLAMA and recognizes the lack of scientific foundation into the matter. Furthermore, it underscores the need for comprehensive ecological research to better understand the dynamics of the cormorant population surge and its potential impacts on the local ecosystem. Additionally, it emphasizes the importance of considering historical data and ecological factors in assessing the situation, thereby highlighting the complexity of managing human-wildlife conflicts effectively. By advocating for comprehensive ecological research and the consideration of historical data, this notification represents a pivotal step towards effectively managing HWCs in the Laguna Estuarine System.

An escalation of this HWC conflict came in May 2022, with a documented illegal hunting of 300 active nests and the killing of at least 75 individuals by

unknown agents (Figure 3). This case was identified during research surveys on a smaller colony located near aquiculture activities inside Laguna territory limits and filed into The Environmental Military Police of Laguna city. To clarify this act as illegal hunting, Brazilian environmental law (Normative Instruction n° 141/2006, IBAMA), states that it is only permitted to manage harmful and synanthropic species with approval and explicit authorization from the responsible government institution. According to the forth article/ first paragraph of this normative instruction, only invertebrates with epidemiologic interests, harmful arthropods, domestic animals, chiropters and exotic species are allowed to be managed without authorizations from government institutions. Cormorants, however, are native species and do not fit within these taxa and there is no evidence of harmful influence into economical or environmental matters to classify/impose these birds as harmful.



Figure 18. Footage of illegal hunting of cormorants in Laguna Estuarine System, on May 2022. (a, d and e) cormorants corpses near nests, (b) Box of .22LR ammunition and (c) Ammunition detonated capsules.

FUTURE FOCUS FOR NEOTROPIC CORMORANTS CONFLICTS MITIGATION

Neotropic cormorants is considered a species of “Least Concern (LC)” in the IUCN red list and with a population increase trend among your distribution range (BirdLife International 2018), being abundant and wide distributed

among Brazilian territory (Alves et al., 2011a; Barquete et al., 2008; Branco, 2002; C. da Silva et al., 2000; E. F. Silva et al., 2014). Their predatory roles as piscivorous birds (Barquete et al., 2008; Harding & Mesler, 2022; Tette Pomárico et al., 2020) and breeding capability (Kalmbach & Becker, 2005; Quintana et al., 2002a) makes the species a potential competitor with Brazilian fisheries, as Great cormorant *Phalacrocorax carbo* is in Europe and North America (Aguado-Giménez et al., 2018; Östman et al., 2013b; Ovegård et al., 2021).

Artisanal fisheries of LES targets mostly crustaceans and fishes within the estuary and coastal waters (Barletta et al., 2017; Piazza et al., 2021). While cormorants predominantly prey on juvenile fishes and invertebrates (Barquete et al., 2008; Branco, Evangelista, Lunardon-Branco, et al., 2009; Harding & Mesler, 2022; Tette Pomárico et al., 2020), which also composes the diet of small fisherman as subsistence source, mostly noncommercial sizes or non-targeted species captured as bycatch (Barletta et al., 2017; Sunye et al., 2014). Thus, discarded carcasses are important food source for seabirds and may influence cormorants distribution along the estuary, as fisherman in LES tend to clear and screen their catches at docks and not at fishing sites (Barbieri & Pinna, 2006; Branco, 2001). In a finer scale, cormorants may compete with smaller fisherman for juvenile food type, eat fisherman bait and also destroy the fishing apparatus on the process, as reported by many artisanal fishermen at LES. Beyond these scenarios of competition and economic loss done by cormorants, their predatory effects on aquatic community is a complex subject to be tested (Ovegård et al., 2021).

The HWC in LES is also a complex socioecological situation since involves multiple stakeholder groups (policymakers, managers, scientists, fishermen and aquaculture producers) with distinct perspectives and a species with a major predatory role. Neotropic cormorants also interact directly and indirectly with several other species in this estuarine ecosystem. In the bigger picture, it is necessary a multidisciplinary research (Treves and Karanth 2003) in the LES, with a focus on the trophic ecology of cormorants and also on the ecosystem functioning, to understand how species interact and what the consequence of HWC. Also, there is a demand to integrate ecological, socioeconomic and socioecological research, transforming HWC in

sustainable coexistence König et al. 2020. This task may be achieved by adoption and adaption of the conceptual framework of König et al. (2020). The first step may be (1) the creation of a work group that promotes discussion between distinct actors; to generate information by different approaches (scientific and fishing data); propose ways to mitigate Neotropic cormorants economic damages; generate data to advise law creation and management actions in the municipal sphere, respecting higher hierarchies and Federal Constitution; and last, secure the protection of biodiversity and associated ecosystem functions/services of LES.

Another important topic for this framework is the (2) quantification and assessment of damage done by Neotropic cormorants into fishing apparatus or producers properties. Damage to fish ponds and shrimp producers can be estimated with direct observations of foraging birds on site. The implementation of measures to mitigate this economic loss can also be developed with stakeholder's aid. For instance, overhead nylon lines used to avoid bird accessibility to ponds and artificial tanks are commonly used in LES by shrimp producers, but may be ineffective as these lines may not prevent cormorants from landing on water (Moerbeek et al., 1987). Another important damage assessment is the measurement of daily biomass consumed by Neotropic cormorants via regurgitated pellets (Barquete et al., 2008; Tette Pomárico et al., 2020) and stomach content (Barrett et al., 2007). This assessment, particularly when compared to the species targeted by LES fisheries, can offer valuable insights into the extent of this HWC (Gil-Weir et al., 2011; König et al., 2020).

The most complex approach is to (3) understand the interdisciplinary processes that ecologically shapes all three conflict components (Cormorants, fish assembly and fisheries). For instance, while it is relatively easy to assess cormorants diet, their impact on fish assembly and distribution is a complex subject, since bird predation is only one aspect among others, such as abiotic variables fluctuations and density-dependent processes (Carss et al., 2012; Ovegård et al., 2021). Environmental variables play a crucial role in shaping the spatial patterns of fish populations within estuaries, with factors such as salinity, temperature, turbidity, and habitat structure influencing the presence and abundance of different species (Whitfield,

2021). To investigate the relationships between estuarine conditions and fish community data, researchers may employ gillnetting, trawl or seine netting to capture and identify fish species across different habitats (França et al., 2012). Integrating ecological data with remote sensing techniques, Geographic Information System (GIS), and assessments of anthropogenic impacts (i.e. pollutant discharges and habitat loss) enables the development of ecological models at temporal and spatial scales (Bruno et al., 2013; Frischknecht et al., 2023). These models can then be linked to data on cormorant diet and fishery production in the Laguna Estuarine System (LES) and be used as long-term tools for conservation and decision making. Finally, climate changes and extreme events must also be applied into these robust ecological models as the main cause of amplification of HWC's by impacting species biological processes, such as growth and migrating patterns, while also affecting locally economic interests (Abrahms et al., 2023).

Last framework topic is to (4) manage options for the coexistence between cormorants and fisheries. Shoot down wildlife and usage of physical barriers may be ineffective and unsustainable actions for coexistence to both sides. In other hand, increasing people's tolerance to wildlife might be a complementary approach to the resolution of this HWC (Marchini & Crawshaw, 2015). Educative programs and workshops could work on favor for sustainable coexistence as greater ecological knowledge within communities and fisherman can bring positive attitudes and reduce negative conflicts outcomes (Kuentzel et al., 2012). Hence, scientific evidences must be brought to public with balanced approaches between species conservation and economic sustainable use to avoid attrition and polarized perspectives. Meanwhile, necessary management actions and policy making must be straightened, such as evidence-based manage controls of cormorants populations (controlled nest knock down or egg removal) and creation of laws regarding the conservation of biodiversity, not only aiming for economic interests. Engaging local community and stakeholders can help increase public perception and recognition about cormorants-fisheries conflict nature while also bridges the gap between decision makers and ecological issues (Carss, 2022; Vieite et al., 2022).

Table 5. Summary of laws and policies related to cormorants management and protection. Documents access and link to official government internet pages.

International law and policies	Main resolves and guidelines	Regulating Organ	Implementation date/ status	Link to access
United States Code of Federal Regulations: 50 CFR 21.123	Establishes a new special double-crested cormorant permit to lethally take cormorants to alleviate damage and conflicts associated with aquaculture and fishery resources.	U.S. Fish and Wildlife Service	December 2020 / Operative	https://www.ecfr.gov/current/title-50/chapter-I/subchapter-B/part-21/subpart-D/section-21.123
Environmental Registry of Ontario, Canada ERO 013-4124	Proposal to establish a hunting season for double-crested cormorants in Ontario, Canada.	Environmental Registry of Ontario	July 2020 / Operative	https://ero.ontario.ca/notice/013-4124

European birds directive	Despite the protection of wild birds and their habitats, derogations from its protective measures can be made at certain species that causes damage to crops, livestock, fauna or represent a threat to public health	European Parliament	November 2009 / Operative	http://data.europa.eu/eli/dir/2009/147/oj

Brazilian law and policies	**Main resolves and guidelines**	**Regulating Organ**	**Implementation date/ status**	**Link to access**
Ordinary law n° 2154	Declares Capybara and Neotropic cormorant as harmful and synanthropic species within the municipality of Laguna.	Laguna Municipal chamber	June 2020 / Operative	https://leismunicipais.com.br/a/sc/l/laguna/lei-ordinaria/2020/216/2154/lei-ordinaria-n-2154-2020-declara-a-capivara-hydrochoerus-hydrochaeris-e-o-bigua-phalacrocorax-brasilianus-como-animais-pertencentes-a-fauna-sinantropica-nociva-no-ambito-do-municipio-de-laguna-e-da-outras-providencias
Normative Instruction n° 141	Regulates the control and environmental management of harmful and synanthropic species	IBAMA	December 2006/ Operative	https://www.ibama.gov.br/component/legislacao/?view=legislacao&legislacao=112966
Internal Notification° 76	Information about a possible superpopulation of Neotropic cormorants in Laguna	FLAMA	August 2021/ Analyzed	https://laguna.sc.gov.br/fundacao-lagunense-do-meio-ambiente/ Attachment*

Currently, in 2023 FLAMA services are slowly being dismantled by Laguna Municipal chamber and as a result, data and other information are difficult to access on the website. We are attaching the Internal Notification number 76/2020, downloaded in 2021.

FINAL CONSIDERATIONS

Neotropic cormorants conflicts with humans, despite being expected, is not yet explored in South America. We present the first documented conflict in the Laguna Estuarine System, Brazil, highlighting the complex issue arising from insufficient scientific data on cormorant biology fisheries of LES. This scientific gap between an abundant psicivorous species and an important sustainable activity generates the perception of a ‘strange’ and ‘voracious’ species that ‘competes’ with artisanal fisheries and ‘depletes’ their natural resources. Yet, Brazilian environment legislation besides being strong, open gaps for dubious and impartial law creation, mostly focusing on economic interests and not in a balanced conservation manner. By adopting these holistic and interdisciplinary approaches and an adapted conceptual framework to mitigate and resolve this conflict (creation of a workgroup; damage assessment; ecological understatement by interdisciplinary data; and solutions to coexistence and tolerance), bridges can be built between Laguna’s lawmakers, science and artisanal fisherman to a better coexistence and reduce negative outcomes from this ecological conflict.

ACKNOWLEDGMENTS

We would like to thank the reviewers of this article which both contributed with important suggestions to the manuscript. This study was financed in part by Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Finance 88887.498111/2020-00. JLRF would like to thank Fundação de Âmparo à Pesquisa e Inovação de Santa Catarina (FAPESC PAP TO 2023TR000694).

AUTHOR CONTRIBUTION

V.R.A.P.: Conceptualization; Investigation; Writing – original draft; Writing – review & editing;

J.L.R.F: Supervision; Conceptualization; Resources; Writing – original draft; Writing – review & editing;

J.S.A.: Investigation; Writing – original draft; Writing – review & editing.

J.O.B.: Supervision; Resources; Project Administration; Writing – review & editing.

REFERENCES

Abrahms, B., Carter, N. H., Clark-Wolf, T. J., Gaynor, K. M., Johansson, E., McInturff, A., … West, L. (2023). Climate change as a global amplifier of human–wildlife conflict. *Nature Climate Change*, *13*(3), 224–234. https://doi.org/10.1038/s41558-023-01608-5

Aguado-Giménez, F., Eguía-Martínez, S., Torres-Campos, I., Meroño-García, S., & Martínez-Ródenas, J. (2018). Competition for food between the Mediterranean shag, the great cormorant and artisanal fisheries: A case study. *Scientia Marina*, *82*(1), 7. https://doi.org/10.3989/scimar.04680.04B

Alarcón, P. A. E., Macchi, P. J., Trejo, A., & Alonso, M. F. (2012). Diet of the Neotropical Cormorant (*Phalacrocorax brasilianus*) in a Patagonian Freshwater Environment Invaded by Exotic Fish. *Waterbirds*, *35*(1), 149–153. https://doi.org/10.1675/063.035.0115

Alves, V., Soares, A., Couto, G., & Draghi, J. (2011). Padrão de ocorrência e distribuição de Biguás Phalacrocorax brasilianus na Baía de Guanabara, Rio de Janeiro, Brasil. *Revista Brasileira de Ornitologia*, *19*(4), 469–477.

Azevedo, T. R. de. (1995). Estudo da avifauna do campus da Universidade Federal de Santa Catarina (Florianópolis). *Biotemas*, *8*(2), 7–35. https://doi.org/10.5007/%25x

Balbuena-Serrano, Á., Zarco-González, M. M., Monroy-Vilchis, O., G. Morato, R., & C. De Paula, R. (2021). Hotspots of livestock depredation by pumas and jaguars in Brazil: A biome-scale analysis. *Animal Conservation*, *24*(2), 181–193. https://doi.org/10.1111/acv.12619

Barbieri, E., & Pinna, F. V. (2006). Abundância temporal de Fregata magnificens (Pelecaniformes: Fregatidae) na Ilha Comprida (São Paulo, Brasil) em 2006 e sua relação com barcos de pesca. *São Paulo*, *18*, 99–110.

Barletta, M., Lima, A. R. A., Dantas, D. V., Oliveira, I. M., Neto, J. R., Fernandes, C. A. F., … Costa, M. F. (2017). How Can Accurate Landing Stats Help in Designing Better Fisheries and Environmental Management for Western Atlantic Estuaries? Em C. W. Finkl & C. Makowski (Orgs.), *Coastal Wetlands: Alteration and Remediation* (p. 631–703). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-56179-0_20

Barquete, V., Bugoni, L., & Vooren, C. M. (2008). Diet of Neotropic cormorant (Phalacrocorax brasilianus) in an estuarine environment. *Marine Biology*, *153*(3), 431–443. https://doi.org/10.1007/s00227-007-0824-8

Barquete, Viviane, Vooren, C. M., & Bugoni, L. (2008). Seasonal abundance of the Neotropic Cormorant (Phalacrocorax brasilianus) at Lagoa dos Patos estuary, Southern Brazil. *El Hornero*, *23*(1), 15–22. https://doi.org/10.56178/eh.v23i1.745

Barrett, R. T., Camphuysen, K. (C. J.), Anker-Nilssen, T., Chardine, J. W., Furness, R. W., Garthe, S., … Veit, R. R. (2007). Diet studies of seabirds: A review and recommendations. *ICES Journal of Marine Science*, *64*(9), 1675–1691. https://doi.org/10.1093/icesjms/fsm152

Beck, H. E., Zimmermann, N. E., McVicar, T. R., Vergopolan, N., Berg, A., & Wood, E. F. (2018). Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. *Scientific Data*, *5*(1), 180214. https://doi.org/10.1038/sdata.2018.214

Bell, S., Stepukonis, F., Bohác, J., & Petersson, E. (2012). MEDIA REPRESENTATIONS OF CORMORANTS: a preliminary analysis. Em Mariella Marzano & D. N. Carss, *Essential Social, Cultural and Legal Perspectives on Cormorant-Fisheries Conflicts*. NERC Centre for Ecology & Hydrology on behalf of COST. https://doi.org/10.13140/2.1.3881.6001

Biehl, T. M., Dantas, D. V., & Gentil De Farias, E. G. (2019). Influence of Crab Trap Geometry and Wind Direction over the Catch Fluctuations in a Neotropical Coastal Lagoon. *Journal of FisheriesSciences.com*, *13*(1). https://doi.org/10.36648/1307-234X.13.1.157

Branco, J. O. (2001). Descartes da pesca do camarão sete-barbas como fonte de alimento para aves marinhas. *Revista Brasileira de Zoologia*, *18*(1), 293–300. https://doi.org/10.1590/S0101-81752001000100033

Branco, J. O. (2002). Flutuações sazonais na abundância de Phalacrocorax brasilianus (Gmelin) no estuário do Saco da Fazenda, Itajaí, Santa Catarina, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, *19*(4), 1057–1062. https://doi.org/10.1590/S0101-81752002000400010

Branco, J. O., Evangelista, C. L., & Lunardon-Branco, M. J. (2009). *Atividade diária de Phalacrocorax brasilianus (Aves, Phalacrocoracidae), na região do Saco da Fazenda, Itajaí, SC, Brasil*.

Branco, J. O., Evangelista, C. L., Lunardon-Branco, M. J., de Azevedo-Júnior, S. M., & de Larrazábal, M. E. (2009). Atividade diária de Phalacrocorax brasilianus (Aves, Phalacrocoracidae), na região do Saco da Fazenda, Itajaí, SC, Brasil. *Ornithologia*, *3*(2), 73–82.

Bruno, D. O., Barbini, S. A., Díaz de Astarloa, J. M., & Martos, P. (2013). Fish abundance and distribution patterns related to environmental factors in a choked temperate coastal lagoon (Argentina). *Brazilian Journal of Oceanography*, *61*.

Carneiro, M. J., & da Silva Rosa, T. (2011). The use of scientific knowledge in the decision making process of environmental public policies in Brazil. *Journal of Science Communication*, *10*(01), A03. https://doi.org/10.22323/2.10010203

Carss, D. N. (2022). There must be Some Kind of Way Out of Here: Towards 'Reframing' European Cormorant-Fisheries Conflicts. *Ardea*, *109*(3), 667–681. https://doi.org/10.5253/arde.v109i2.a31

Carss, D. N., Parz-Gollner, R., & Trauttmansdorff, J. (2012). *The INTERCAFE Field Manual: Research methods for Cormorants, fishes, and the interactions between them*. NERC Centre for Ecology & Hydrology on behalf of COST. https://doi.org/10.13140/2.1.4536.9604

Cohen, M. C. L., Rodrigues, E., Rocha, D. O. S., Freitas, J., Fontes, N. A., Pessenda, L. C. R., … Bendassolli, J. A. (2020). Southward migration of the austral limit of mangroves in South America. *CATENA*, *195*, 104775. https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104775

Cook, P., Hawes, J. E., Campos-Silva, J. V., & Peres, C. A. (2022). Human-wildlife conflicts with crocodilians, cetaceans and otters in the tropics and subtropics. *PeerJ*, *9*, e12688. https://doi.org/10.7717/peerj.12688

Costanza, R., De Groot, R., Braat, L., Kubiszewski, I., Fioramonti, L., Sutton, P., … Grasso, M. (2017). Twenty years of ecosystem services: How far have we come and how far do we

still need to go? *Ecosystem Services*, *28*, 1–16. https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.09.008

Da Silva, T. L., Cabral, R. B. G., & Ferreira, I. (2018). Behavior and seasonal abundance of Neotropic Cormorant Nannopterum brasilianus (Gmelin, 1789) in southeastern, Brazil. *Revista Brasileira de Ornitologia*, *26*(4), 219–226. https://doi.org/10.1007/BF03544434

De Carvalho, A. L. C., Araújo, A. R., Machado, T. M. M., Ribon, R., & Lopes, L. E. (2019). Wildlife and damage to agriculture: An ethnobiological approach with rural producers in southeastern Brazil. *Revista Brasileira de Ornitologia*, *27*(1), 17–26. https://doi.org/10.1007/BF03544442

Donadelli, F. (2020). When evidence does not matter: The barriers to learning from science in two cases of environmental policy change in Brazil. *Science and Public Policy*, *47*(3), 313–321. https://doi.org/10.1093/scipol/scaa006

Dorr, B. S., Fielder, D. G., Jackson, J. R., Farquhar, J. F., Schultz, D. W., & Claramunt, R. M. (2022). Ontario's Double-crested Cormorant hunting season may be ineffective but that doesn't mean there are no conflict issues. *Avian Conservation and Ecology*, *17*(2), art11. https://doi.org/10.5751/ACE-02249-170211

Doucette, J. L., Wissel, B., & Somers, C. M. (2011). Cormorant–fisheries conflicts: Stable isotopes reveal a consistent niche for avian piscivores in diverse food webs. *Ecological Applications*, *21*(8), 2987–3001. https://doi.org/10.1890/10-2384.1

França Balbino Da Silva, A. C., Fernando Saraiva De Menezes, J., & Rodrigues Oliveira Santos, L. G. (2022). Roadkill risk for capybaras in an urban environment. *Landscape and Urban Planning*, *222*, 104398. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2022.104398

França, S., Vasconcelos, R. P., Fonseca, V. F., Tanner, S. E., Reis-Santos, P., Costa, M. J., & Cabral, H. N. (2012). Predicting fish community properties within estuaries: Influence of habitat type and other environmental features. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, *107*, 22–31. https://doi.org/10.1016/j.ecss.2012.04.013

Frischknecht, C. D. C. A., Dantas, D. V., Rodrigues-Filho, J. L., & Gentil, E. (2023). Composition and diversity of fish assemblages along a shallow beach of a neotropical coastal lagoon. *Regional Studies in Marine Science*, *63*, 102993. https://doi.org/10.1016/j.rsma.2023.102993

Gagnon, K., Rothäusler, E., Syrjänen, A., Yli-Renko, M., & Jormalainen, V. (2013). Seabird Guano Fertilizes Baltic Sea Littoral Food Webs. *PLoS ONE*, *8*(4), e61284. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0061284

Gil-Weir, K., Weir, E., Casler, C. L., & Aniyar, S. (2011). Ecological functions and economic value of the Neotropic Cormorant (*Phalacrocorax brasilianus*) in Los Olivitos Estuary, Venezuela. *Environment and Development Economics*, *16*(5), 553–572. https://doi.org/10.1017/S1355770X11000179

Green, A. J., & Elmberg, J. (2014). Ecosystem services provided by waterbirds. *Biological Reviews*, *89*(1), 105–122. https://doi.org/10.1111/brv.12045

Guevara, E. A., G, T. S., Mueces, T., Terán, K., & Henry, P.-Y. (2011). Population Growth and Seasonal Abundance of the Neotropic Cormorant (*Phalacrocorax brasilianus*) at Highland Lakes in Ecuador. *Waterbirds*, *34*(4), 499–503. https://doi.org/10.1675/063.034.0413

Hanson, K. C., Vault, T. L. D., & Dinsmore, S. J. (2010). Increased Abundance and First Breeding Record of the Neotropic Cormorant (*Phalacrocorax brasilianus*) on the Alluvial Plain

of Mississippi. *Southeastern Naturalist*, *9*(2), 385–394. https://doi.org/10.1656/058.009.0213

Harding, L. E., & Mesler, J. I. (2022). Cormorant abundance, diet, and foraging habits in Arizona. *Journal of Field Ornithology*, *93*(3), art6. https://doi.org/10.5751/JFO-00141-930306

Kalmbach, E., & Becker, P. H. (2005). Growth and survival of neotropic cormorant (Phalacrocorax brasilianus) chicks in relation to hatching order and brood size. *Journal of Ornithology*, *146*(2), 91–98. https://doi.org/10.1007/s10336-004-0061-6

Keith, J. A. (1995). Management Policies for Cormorants in Canada. *Colonial Waterbirds*, *18*, 234–237. https://doi.org/10.2307/1521544

Kennedy, M., & Spencer, H. G. (2014). Classification of the cormorants of the world. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, *79*, 249–257. https://doi.org/10.1016/j.ympev.2014.06.020

Kolb, G. S., Palmborg, C., Taylor, A. R., Bååth, E., & Hambäck, P. A. (2015). Effects of Nesting Cormorants (Phalacrocorax carbo) on Soil Chemistry, Microbial Communities and Soil Fauna. *Ecosystems*, *18*(4), 643–657. https://doi.org/10.1007/s10021-015-9853-1

König, H. J., Kiffner, C., Kramer-Schadt, S., Fürst, C., Keuling, O., & Ford, A. T. (2020). Human–wildlife coexistence in a changing world. *Conservation Biology*, *34*(4), 786–794. https://doi.org/10.1111/cobi.13513

Kuentzel, W. F., Capen, D. E., Richards, Z. L., & Higgins, B. R. (2012). Attitude strength and social acceptability of cormorant control programs on Lake Champlain. *Journal of Great Lakes Research*, *38*, 141–149. https://doi.org/10.1016/j.jglr.2011.12.002

Labruna, M. B. (2013). Brazilian Spotted Fever: The Role of Capybaras. Em J. R. Moreira, K. M. P. M. B. Ferraz, E. A. Herrera, & D. W. Macdonald (Orgs.), *Capybara* (p. 371–383). New York, NY: Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4000-0_23

Lemmens, P., De Meester, L., & Declerck, S. A. J. (2016). Can underwater refuges protect fish populations against cormorant predation? Evidence from a large-scale multiple pond experiment. *Fisheries Management and Ecology*, *23*(2), 89–98. https://doi.org/10.1111/fme.12157

Ludwig, J., Cooke, S., & Hobson, K. (2023). On the lack of scientific evidence for the Ontario cormorant cull and other cormorant management actions: A response to Dorr et al. (2022). *Avian Conservation and Ecology*, *18*(1), art1. https://doi.org/10.5751/ACE-02375-180101

Marchini, S., & Crawshaw, P. G. (2015). Human–Wildlife Conflicts in Brazil: A Fast-Growing Issue. *Human Dimensions of Wildlife*, *20*(4), 323–328. https://doi.org/10.1080/10871209.2015.1004145

Marzano, M., Carss, D. N., & Cheyne, I. (2013). Managing European cormorant-fisheries conflicts: Problems, practicalities and policy. *Fisheries Management and Ecology*, *20*(5), 401–413. https://doi.org/10.1111/fme.12025

Moerbeek, D. J., van Dobben, W. H., Osieck, E. R., Boere, G. C., & Bungenberg de Jong, C. M. (1987). Cormorant damage prevention at a fish farm in the Netherlands. *Biological Conservation*, *39*(1), 23–38. https://doi.org/10.1016/0006-3207(87)90004-8

Neto, M. F. C., Garrone Neto, D., & Haddad, V. (2011). Attacks by Jaguars (Panthera onca) on Humans in Central Brazil: Report of Three Cases, with Observation of a Death.

Wilderness & Environmental Medicine, *22*(2), 130–135. https://doi.org/10.1016/j.wem.2011.01.007

Netto, S. A., & Pereira, T. J. (2009). Benthic community response to a passive fishing gear in a coastal lagoon (South Brazil). *Aquatic Ecology*, *43*(2), 521–538. https://doi.org/10.1007/s10452-008-9177-8

Nyhus, P. J. (2016). Human–Wildlife Conflict and Coexistence. *Annual Review of Environment and Resources*, *41*(1), 143–171. https://doi.org/10.1146/annurev-environ-110615-085634

Oliveira, K. R. D., Corrêa, L. L. C., & Petry, M. V. (2019). DIETA DE Nannopterum brasilianus (AVES: PHALACROCORACIDAE), NO SUL DO BRASIL. *Oecologia Australis*, *23*(03), 432–439. https://doi.org/10.4257/oeco.2019.2303.03

Olrog, C. C. (1975). Vagrancy of Neotropical Cormorant, Egrets, and White-Faced Ibis. *Bird-Banding*, *46*(3), 207. https://doi.org/10.2307/4512136

Östman, Ö., Boström, M. K., Bergström, U., Andersson, J., & Lunneryd, S.-G. (2013). Estimating Competition between Wildlife and Humans–A Case of Cormorants and Coastal Fisheries in the Baltic Sea. *PLoS ONE*, *8*(12), e83763. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0083763

Ottoni, F. P., Hughes, R. M., Katz, A. M., Rangel-Pereira, F. D. S., Bragança, P. H. N. D., Fernandes, R., … Rodrigues-Filho, J. L. (2021). Brazilian mangroves at risk. *Biota Neotropica*, *21*(2), e20201172. https://doi.org/10.1590/1676-0611-bn-2020-1172

Ovegård, M. K., Jepsen, N., Bergenius Nord, M., & Petersson, E. (2021). Cormorant predation effects on fish populations: A global meta-analysis. *Fish and Fisheries*, *22*(3), 605–622. https://doi.org/10.1111/faf.12540

Peel, M. C., Finlayson, B. L., & McMahon, T. A. (2007). Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrology and Earth System Sciences*, *11*(5), 1633–1644. https://doi.org/10.5194/hess-11-1633-2007

Pelicice, F. M., Vitule, J. R. S., Lima Junior, D. P., Orsi, M. L., & Agostinho, A. A. (2014). A Serious New Threat to Brazilian Freshwater Ecosystems: The Naturalization of Nonnative Fish by Decree. *Conservation Letters*, *7*(1), 55–60. https://doi.org/10.1111/conl.12029

Peterson, M. N., Birckhead, J. L., Leong, K., Peterson, M. J., & Peterson, T. R. (2010). Rearticulating the myth of human-wildlife conflict. *Conservation Letters*, *3*(2), 74–82. https://doi.org/10.1111/j.1755-263X.2010.00099.x

Piazza, T. B., Pessoa, M. B., Santiago, D. F., Perroca, J. F., Wagner, B., Dantas, D. V., … Rodrigues-Filho, J. L. (2021). ASPECTOS ECONÔMICOS, TECNOLÓGICOS E SOCIOCULTURAIS DA PESCA DE SIRI-AZUL NO SISTEMA ESTUARINO DE LAGUNA (SC), E SUA DINÂMICA ESPAÇO-TEMPORAL ATRAVÉS DO CONHECIMENTO ECOLÓGICO LOCAL DE PESCADORES ARTESANAIS. Em *Engenharia de Pesca: Aspectos teóricos e práticos* (1º ed, p. 36–61). Editora Científica Digital. https://doi.org/10.37885/210404220

Powers, R. P., & Jetz, W. (2019). Global habitat loss and extinction risk of terrestrial vertebrates under future land-use-change scenarios. *Nature Climate Change*, *9*(4), 323–329. https://doi.org/10.1038/s41558-019-0406-z

Quintana, F., Yorio, P., & Borboroglu, P. G. (2002a). *ASPECTS OF THE BREEDING BIOLOGY OF THE NEOTROPIC CORMORANT PHALACROCORAX OLIVACEUS AT GOLFO SAN JORGE, ARGENTINA*.

Quintana, F., Yorio, P., & Borboroglu, P. G. (2002b). Aspects of the breeding biology of the Neotropic Cormorant Phalacrocorax olivaceus at Golfo San Jorge, Argentina. *Marine Ornithology*, *30*, 25–29.

Rodrigues-Filho, J. L., Macêdo, R. L., Sarmento, H., Pimenta, V. R. A., Alonso, C., Teixeira, C. R., … Cionek, V. M. (2023). From ecological functions to ecosystem services: Linking coastal lagoons biodiversity with human well-being. *Hydrobiologia*, *850*(12–13), 2611–2653. https://doi.org/10.1007/s10750-023-05171-0

Russell, I. C., Parrott, D., Ives, M. J., Davison, P. I., Fox, S., & Clifton-Dey, D. (2022). Reducing Fish Losses to Great Cormorants Using Artificial Fish Refuges: Refining Refuge Deployment Strategies. *Ardea*, *109*(3). https://doi.org/10.5253/arde.v109i2.a29

Sick, H., Pacheco, J. F., & Haffer, J. (1997). *Ornitologia brasileira* (2. impr). Rio de Janeiro: Ed. Nova Fronteira.

Silva, C. da, Aguiar-Abdo, M., Oliveira, D. de, Girard, P., & Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária^ dCPAP. (2000). Caraterização ambiental do ninhal Corutuba, Pantanal de Barão de Melgaço, MT. *Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA-CPAP)(ed.): Anais do III Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-Econômicos do Pantanal, Corumbá, Brasil*.

Silva, E. F., Naiff, R. H., Barata, F. D. B., Santos Júnior, L. S., França, P. F., & Campos, C. E. C. (2014). Abundância Sazonal de Phalacrocorax brasilianus (Gmelin, 1789) (Aves, Phalacrocoracidae) na Porcão Norte da Bacia Amazônica, Macapá, Amapá, Brasil. *Biota Amazônia*, *4*(2), 64–67. https://doi.org/10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v4n2p64-67

Sunye, P. S., Pereira, T. J., Russo, A., & Netto, S. A. (2014). A pesca do camarão-rosa no Sistema Estuarino de Laguna, SC: história e acasos das políticas de manejo. Em M. Haimovici, J. M. Andriguetto Filho, & P. S. Sunye, *A pesca marinha e estuarina no Brasil: Estudos de casos multidisciplinares*. Editora da FURG.

Taylor, B., Andrews, D., & Fraser, G. S. (2011). Double-crested cormorants and urban wilderness: Conflicts and management. *Urban Ecosystems*, *14*(3), 377–394. https://doi.org/10.1007/s11252-011-0165-8

Tette Pomárico, A., López-Peña, A., Franke-Ante, R., & Duarte, L. O. (2020). Dieta y amplitud del nicho trófico del cormorán neotropical [Nannopterum brasilianus (Gmelin, 1789)] en el Santuario de Flora y Fauna Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe de Colombia. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, *49*(SuplEsp), 193–208. https://doi.org/10.25268/bimc.invemar.2020.49.SuplEsp.1072

Treves, A., & Karanth, K. U. (2003). Human-Carnivore Conflict and Perspectives on Carnivore Management Worldwide. *Conservation Biology*, *17*(6), 1491–1499. https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2003.00059.x

Ulyssea, R. (2005). *Laguna: Memoria Historica*. Letrativa.

Van Eerden, M. R., & Carss, D. N. (David). (2012). *Cormorants and the European environment: Exploring cormorant ecology on a continental scale*. Wallingford: NERC Centre for Ecology & Hydrology on behalf of COST.

Vieite, B., Braga, H. O., Costa Neto, E. M., & Azeiteiro, U. M. (2022). Fishermen's knowledge and conservation attitudes: Focus on the great cormorant Phalacrocorax carbo (Linnaeus, 1758) in the Minho River, Portugal. *Aquatic Ecology*, *56*(3), 667–684. https://doi.org/10.1007/s10452-021-09928-4

Whitfield, A. K. (2021). Estuaries – how challenging are these constantly changing aquatic environments for associated fish species? *Environmental Biology of Fishes*, *104*(4), 517–528. https://doi.org/10.1007/s10641-021-01085-9

Wires, L. R. (2015). Migratory bird protection, a crack in the armor: The case of the Double-crested Cormorant. *Avian Conservation and Ecology*, *10*(1), art8. https://doi.org/10.5751/ACE-00761-100108

Capítulo 4

Reprodução de *Nannopterum brasilianum* no Sistema Estuarino de Laguna, Santa Catarina, Brasil.

Resumo

Este é o primeiro estudo que investiga os aspectos reprodutivos do biguá *Nannopterum brasilianum* dentro do território brasileiro, especificamente no Sistema Estuarino de Laguna, no litoral sul do Estado de Santa Catarina, Brasil. A população reprodutiva de biguás consiste em indivíduos migratórios que chegam no sistema estuarino por volta de janeiro, estabelecem a colônia em março e realizam suas atividade reprodutivas até o final de agosto, quando a temporada reprodutiva cessa. O número de ninhos ativos aumentou de 2021 a 2023 com um pico de 1640 em 2021, 2250 em 2022 e 2780 em 2023. O tamanho da ninhada variou entre 1 e 6 ovos com uma média de 3.58 ±1.05 e 3.73 ±1.23 ovos por ninho em 2022 e 2023, respectivamente. A principal causa da mortalidade de jovens foi por causas naturais (70,2%), como a fome e queda do ninho, enquanto que a predação foi a causa que menos ocorreu (3%) devido à baixa abundância de predadores na região. Predadores consistiam no Carcará *Caracara plancus* e Gaviãoizinho-carrapateiro *Milvago chimachima.* Dentre os ninhos que foram monitorados, a proporção entre o tamanho da ninhada (4.1 ± 0.89) e o número de jovens que chegaram à fase juvenil (2.3 ± 0.47) indica um sucesso reprodutivo de cerca de 56.9%. Estudos associados à biologia reprodutiva de *N. brasilianum* fornecem informações básicas e importantes sobre a espécie, podendo servir de base para o manejo e a conservação de recursos naturais do Sistema Estuarino de Laguna.

Abstract

This is the first study to investigate the reproductive aspects of the Neotropic Cormorant *Nannopterum brasilianum* within Brazilian territory, specifically in the Estuarine System of Laguna, on the southern coast of the state of Santa Catarina, Brazil. The breeding population of cormorants consists of migratory individuals that arrive in the estuarine system around January, establish the colony in March, and conduct their reproductive activities until the

end of August, when the breeding season ends. The number of active nests increased from 2021 to 2023, peaking at 1640 in 2021, 2250 in 2022, and 2780 in 2023. Clutch size varied between 1 and 6 eggs with an average of 3.58 ±1.05 and 3.73 ±1.23 eggs per nest in 2022 and 2023, respectively. The main cause of chick mortality was natural factors such as hunger and nest falls, while predation was less frequent due to the low abundance of predators in the region, consisting of the Crested Caracara (*Caracara plancus*) and Yellow-headed Caracara (*Milvago chimachima*). Among the monitored nests, the ratio between clutch size (4.1 ± 0.89) and the number of chicks reaching the juvenile stage (2.3 ± 0.47) indicates a reproductive success of approximately 56.9%. Studies associated with the reproductive biology of *N. brasilianum* provide fundamental and valuable information about the species, which can serve as a basis for the management and conservation of natural resources in the Estuarine System of Laguna.

Palavras-chave: Biologia reprodutiva, sistema estuarino, biguá, Santa Catarina

Introdução

Nannopterum brasilianum (Aves: Phalacrocoracidae) é uma ave piscívora que se distribui e reproduz por toda região neotropical, desde o sul dos Estados Unidos até o sul da Argentina, sendo capaz de habitar zonas costeiras, ambientes de água doce e regiões de elevada altitude (Quintana et al., 2002a; Kalmbach & Becker, 2005; Guevara et al., 2011; Tette Pomárico et al., 2020; Quintana et al., 2022). Mesmo sendo uma espécie abundante dentro de sua distribuição geográfica, pouco se sabe sobre a biologia reprodutiva desta espécie no Brasil (Azevedo, 1995; C. J. D. Silva et al., 2000), com estudos concentrados apenas ao Sul dos Estados Unidos (Morrison et al., 1977; Kalmbach & Becker, 2005; Hanson et al., 2010) e Argentina (Quintana et al., 2002). No Brasil, são estudos associados às colônias reprodutivas de diversas outras aves e padrões de abundâncias de *N. brasilianum* que pontuam ninhais em determinadas regiões, como no Pantanal, litoral de Santa Catarina e Rio de Janeiro (Alves et al., 2011b; Azevedo, 1995; C. J. D. Silva et al., 2000).

Diferente da maioria das espécies de aves marinhas que estabelecem suas colônias em ilhas oceânicas e se alimentam, principalmente de presas pelágicas marinhas (Schreiber & Burger, 2002), o biguá constrói seus ninhos próximo ao continente, em ambientes de mata ou rochas, nas proximidades de seus sítios de alimentação.

Outros Phalacrocoracidae pelo mundo são consideradas um sucesso biológico, principalmente espécies no continente Europeu e Norte dos Estados Unidos que apresentam populações na ordem. Estima-se que no continente europeu ocorram cerca de 255,000 pares reprodutivos, sendo que na Noruega ocorram 21,000 na Noruega (Carss, 2022; Lorentsen et al., 2022). Essa abundância pode ser atribuída a uma dieta generalista, nidificar em colônias grandes com postura assíncrona numerosa, de três a seis ovos (Schreiber & Burger, 2002). Provavelmente a competição por recursos imposta pela hierarquia entre filhotes favorece os primeiros nascimentos (A, B, C) (Kalmbach & Becker, 2005). Estas características tendem a elevar o sucesso reprodutivo do ninho, dado ao fato de jovens recém-nascidos serem altriciais, ou seja, não possuem capacidade de obter comida sozinhos, serem imóveis e dependerem do cuidado parental (Svagelj & Quintana, 2011). Em geral, a proximidade de sítios de alimentação, a qualidade do ambiente e as condições prévias à temporada reprodutiva são os principais fatores que moldam o sucesso da temporada reprodutiva de aves (Schreiber & Burger, 2002).

Apesar da ampla distribuição e abundância no território brasileiro, estudos sobre a biologia reprodutiva de *N. brasilianum* são incipientes. Assim, este estudo tem como objetivo analisar a população *N. brasilianum* no Sistema Estuarino de Laguna (SEL), em função da formação de casais, construção de ninhos, número de nascimentos, estágios de desenvolvimento dos filhotes, mortalidade e sucesso reprodutivo da colônia.

Material e Métodos

Área de estudo

A colônia reprodutiva de *N. brasilianum* estava localizada nas proximidades da Lagoa do Nóca (28° 30' 28.9548" S, 48° 45' 51.048" W), na

porção baixa do Sistema Estuarino de Laguna, cidade de Laguna, Santa Catarina. A construção da rodovia SC-100, que conecta a cidade de Laguna com o litoral sul do Estado resultou na formação da lagoa. A lagoa do Nóca é semiaberta pois possui dutos de água, dos quais interconectam o canal do molhes e à lagoa de Santo Antônio, sofrendo influências tanto das águas oceânicas quanto das descargas da bacia hidrográfica do rio Tubarão (Dantas et al., 2019a). Ao longo de três anos, a colônia reprodutiva se estabeleceu em uma área de vegetação densa, predominantemente Mata Atlântica, com copas atingindo em média 6 metros de altura, podendo algumas árvores, como a Figueira (Gênero Ficus), alcançar 15 metros (Figura 18).



Figura 19. Vista da vegetação de Mata Atlântica na área de estudo, evidenciando a densidade de árvores e altura das copas.

Os biguás construíram seus ninhos por toda a extensão do dormitório da Lagoa do Nóca, um território de aproximadamente 54,000m², entretanto foi possível distinguir dois núcleos de adensamento de ninhos. O núcleo principal, que cronologicamente foi o ponto de início de assentamento da colônia (Figura 19 e 20). O núcleo secundário, criado de forma tardia, possuía menos ninhos e afastado 270 metros do núcleo principal. Um terceiro núcleo foi identificado, do qual indivíduos não reprodutivos se agrupavam empoleirados, funcionando como um dormitório (Dm) (Figura 21). Devido aos efeitos negativos das fezes dos biguás na vegetação depois de algumas temporadas reprodutivas, uma

pequena parcela da colônia expandiu-se para áreas externas da mata. Todos os registros e censos foram realizadas por toda a extensão da colônia, entretanto as biometrias de ovos e filhotes foram realizadas apenas às margens do Núcleo principal, no qual foi possível ter acesso aos ninhos.

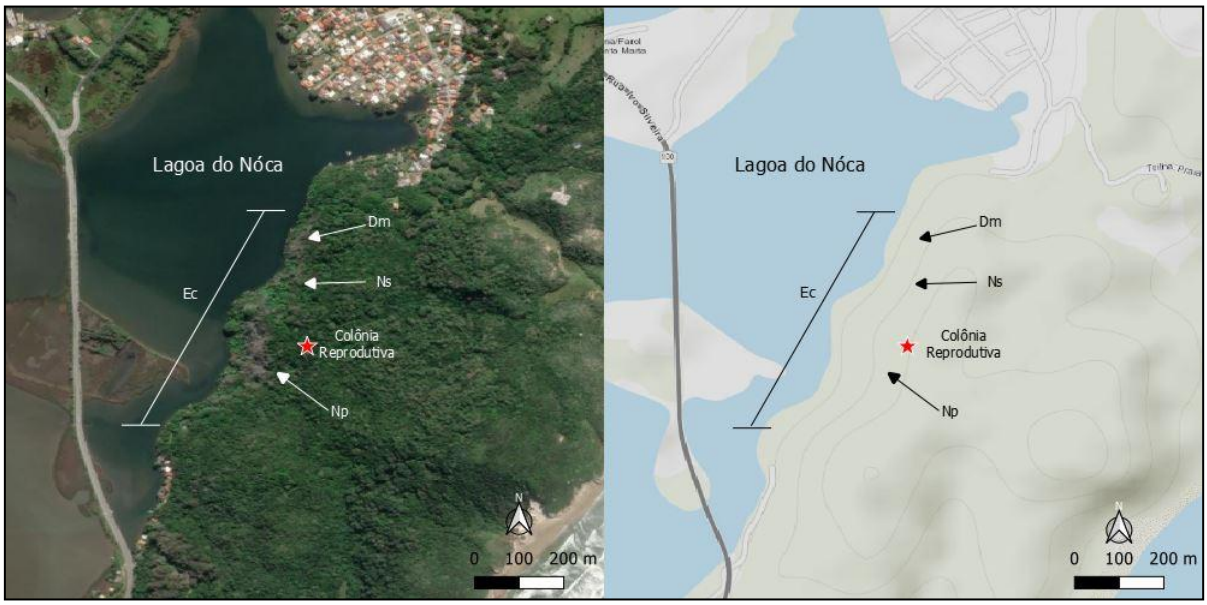


Figura 20. Mapa da região da Lagoa do Nóca, na qual se encontra a colônia reprodutiva de *N. brasilianum*. Na figura é ilustrada a extensão da colônia reprodutiva (Ec), os pequenos vales (curvas de nível) e o posicionamento dos principais adensamentos de *N. brasilianum*, Núcleo principal (Np), Núcleo secundário (Nc) e Dormitório (Dm).



Figura 21. Imagens retiradas à distância (rodovia SC-100) do Núcleo Principal (Np) e parte da extensão da colônia.

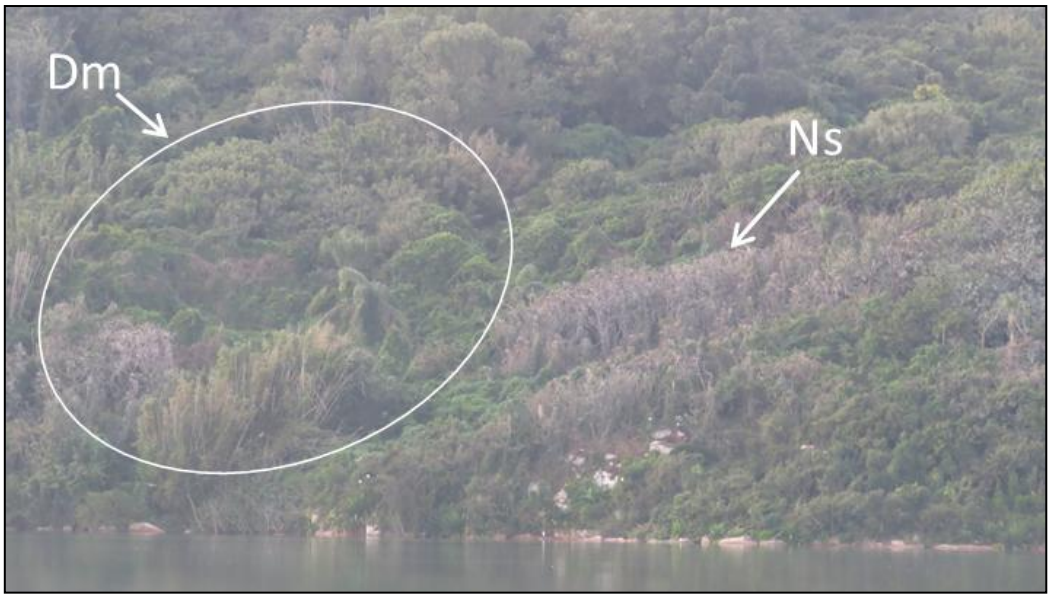


Figura 22. Imagens indicando a posição do Núcleo reprodutivo secundário (Ns) e dormitório de indivíduos não reprodutivos (Dm).

Censos populacionais e contagem de ninhos

Durante o estabelecimento da colônia, os pares reprodutivos frequentemente viajam para coletar materiais para a construção de ninhos ou procurar alimentos para seus parceiros ou filhotes (Quintana et al., 2002a; Kalmbach & Becker, 2005). O fluxo grande de aves tanto para dentro quanto para fora da colônia inviabilizou a contagens de indivíduos dentro da colônia reprodutiva. Sendo assim, a população reprodutiva foi estimada através das contagens de ninhos ativos (ninhos com presença de adultos, ovos ou filhotes) que foi realizada mensalmente, considerando um par de adultos por ninho. Embarcado em um bote, o observador navegou em um transecto de 550 metros paralelo à toda extensão da colônia (Ec) a cerca de 150 metros de distância registrou o número de ninhos com auxílio de binóculos (8x42mm) e contador mecânico (Dorfman & Kingsford, 2001).

Paralelamente, foram registrados o número de juvenis na colônia e adultos na área de dormitório com presença ou ausência de plumagem reprodutiva, calculando assim a proporção de juvenis a partir destas contagens. Como juvenis e adultos não reprodutivos tendem a sair para forragear logo no início do dia, estas contagens foram realizadas em poleiros próximos à lagoa

do Nóca, Lagoa de Santo Antônio e canal do molhes, sítios de forrageamento mais próximos à colônia reprodutiva (Quintana et al., 2004).

Formação de casais e construção de ninhos

A formação de casais e construção de ninhos representam momentos cruciais na colônia, nos quais a proximidade do pesquisador pode impactar o sucesso dessas atividades e levar à deserção do ninho (Carss et al., 2012). Por exemplo, a presença do observador afugentou um par reprodutivo em processo de construção, resultando em pilhagem ou destruição do ninho por outras aves. Nesse contexto, as observações foram realizadas durante os meses de março e abril de 2022 e 2023, à uma distância de 50 metros de distância da colônia, inviabilizando qualquer tipo de marcação e identificação específica dos ninhos neste período. Entretanto, foi possível registrar comportamentos de formação de casais e períodos de construção de ninhos.

Os registros sobre a formação de casais e construção de ninhos foram realizados com o auxílio de câmera fotográfica e binóculos. Pelo início da manhã, indivíduos manifestando comportamento de coorte foram identificados, seguindo as ilustrações e descrições de Van Tets (1959) (Figura 22), e aleatoriamente escolhidos para dar início à sessão de observação.

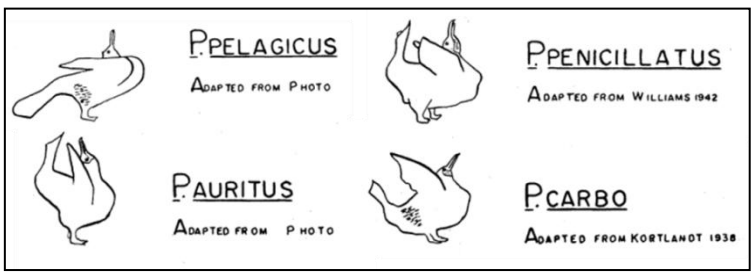


Figura 23. Ilustrações retiradas da tese de Van Tets (1959) sobre os diferentes tipos de exibição, chamadas de "*Wing-flipping*".

Tamanho da Ninhada e biometria de ovos

Devido à altura da copa das árvores (cerca de 5 a 15 metros), utilizadas para ninhos e ao terreno íngreme, houve dificuldades na obtenção de dados sobre o tamanho da ninhada e o número de nascimentos de *N. brasilianum* (Figura 23).



Figura 24. Vista da vegetação de Mata Atlântica na área de estudo, evidenciando a densidade e altura de ninhos, localizados na copa das árvores.

O monitoramento de ninhos, tanto na fase de incubação, quanto o acompanhamento dos filhotes, utilizou-se de uma mesma rotina de trabalho que consistia em percorrer um transecto de aproximadamente 550m todos os dias de coleta e amostragem (Figura 24).



Figura 25. Imagem ilustrando os limites territoriais da colônia reprodutiva de *N. brasilianum* na Lagoa do Nóca. É evidenciado a entrada da colônia (Círculo Bege), os núcleos de adensamento (**Np** e **Ns**), o transecto realizado (setas laranjas), e o posicionamento dos ninhos acessados (círculos vermelhos).

Com o auxílio de registro fotográfico, escadas, o próprio declive do terreno e um cabo extensor com um espelho na ponta, foi possível registrar o número de ovos de 41 (2022) e 62 ninhos (2023). Durante a fase de incubação,

a aproximação do pesquisador muitas vezes resultou na dispersão temporária do par reprodutivo, que prontamente retornava ao ninho, sem deserção e permitindo a contagem de jovens e ovos. Estes ninhos foram identificadas com etiquetas plásticas numeradas e monitorados, a cada dois dias, exceto em período de muito vento e águas agitadas. O acesso foi limitado a apenas cinco ninhos (exceto ninho 5) situados nas partes mais baixas de árvores secas e robustas, no encontro entre galhos, garantindo apoio para a escada ou peso do pesquisador (Figura 25).



Figura 26. Ilustrações do monitoramento da colônia reprodutiva de *N. brasilianum*, destacando o uso de identificadores e as identificações numéricas de ninhos (pontos vermelhos e números).

O monitoramento a cada dois dias dos cincos ninhos foi possível registrar biometrias dos ovos e identificação os quais foram marcados por ordem de postura (A, B, C, D) com caneta hidrocor (Figura 26).



Figura 27. Ordem de postura da marcação dos ovos com caneta hidrocor atóxica.

Para medir o eixo maior dos ovos (Lt) e largura (Wd) foram utilizados paquímetro com precisão de 0.05 mm. Para o peso dos ovos, utilizamos Pesola de 2N com precisão de 0.02N. A conversão de Newtons em gramas ocorreu multiplicando o valor em mensurado por 101.97. O volume dos ovos foi determinado pela equação de Hoyt (1979):

$$Vol\ (cm^3) = Kv\ .Lt\ .Wd^2$$

onde *Kv* é o coeficiente volumétrico médio estimado para aves marinhas no valor de 0.51 (Hoyt, 1979), *Lt* = comprimento total do eixo maior em mm; *Wd* = maior largura do eixo perpendicular à *Lt*. O saco de pesagem foi previamente pesado e seu valor subtraído (Figura 27).



Figura 28. Imagens ilustrando equipamentos utilizados na biometria de ovos e jovens. (a) medição do comprimento do maior eixo do ovo (*Lt*) e um exemplo da maior largura do eixo perpendicular (*Wd*). Utilização da pesola e suas escalas (b) e exemplo da pesagem de jovens (c) e ovos (d) utilizando sacolas.

Caracterização das fases de desenvolvimento

As frequências de monitoramento e biometrias de filhotes tiveram esforços diferentes dentre os diferentes estágios de desenvolvimento. Devido ao crescimento rápido dos primeiros estágios (Barati, 2009), o monitoramento

ocorreu diariamente até o 4° dia. Após o 5° dia, os monitoramento e biometrias foram realizados de três em três dias. As diferentes fases de desenvolvimento dos filhotes foram estabelecidas em função do comprimento de bico (Lt_{bico}) em milímetros, peso em Newtons (depois convertidos), idade em dias e características de plumagem (Branco, 2003). Para medidas de comprimento (Lt_{bico}) foram utilizadas paquímetro com precisão de 0.05mm. Pesos foram medidos com balanças Pesola de 2N e 10N, com precisão de 0,02N e 0,1N, respectivamente.

Assim, **neonatos** correspondem a filhotes com 1 a 2 dias de vida, Lt_{bico} de 10,4 ± 1,28mm, peso médio de 28,2 ± 2,9 ausência total de penas e olhos totalmente fechados (Figura 28). Nesta fase é observado a presença do dente do ovo (estrutura branca na ponta do bico com função de romper o ovo por dentro).



Figura 29. Neonatos de *Nannopterum brasilianum* com 1 e 2 dois de vida.

Joven I, com 3 a 6 dias de vida, um Lt_{bico} médio de 17,9 ±3,63mm e peso de 90,0 ± 21,8g. Esta fase apresenta o início da formação de penas, ainda há a presença do dente do bico e formação total de olhos (Figura 29).



Figura 30. Jovem I, com 3 a 6 dias de vida, evidencia-se a presença do dente do bico e o início da formação de penas.

Jovem II, são filhotes com 7 a 12 dais de vida, apresentam Lt_{bico} médio de 32,9 ± 11,8mm e peso médio de 397,0 ±115,7g. Nesta fase de desenvolvimento, possuem penugens distribuídas por parte do corpo, entretanto ausentes na cabeça (Figura 30). Conseguem se apoiar sobre os membros posteriores e são capazes de se proteger contra predadores através de bicadas e tentativas de fuga.



Figura 31. Jovens II com cerca de 10 dias de vida, evidenciando a distribuição de penas.

Jovem III são filhotes com 13 a 19 dias de vida, Lt_{bico} médio de 40,5± 9,43mm e peso médio de 75,26 ±178,3g. Já possuem o corpo inteiramente coberto com penugens e uma pequena parcela das penas das asas já desenvolvidas. Ainda, observa-se atividades com gravetos, folhas e interações com outros jovens, além da capacidade de se movimentar e empoleirar nas adjacências do ninho (Figura 31).



Figura 32. Jovens III, evidenciando a disposição de plumagem, assim como as tentativas de se equilibrarem nas adjacências dos ninhos.

Jovem IV possuem mais de 20 dias de vida, estes filhotes possuem as penas das asas bem desenvolvidas e o início do desenvolvimento das retrizes, entretanto penas em formação ainda presentes no corpo, principalmente no pescoço e cabeça (Figura 32). Ainda não realizaram a primeira tentativa de voo, porém são relativamente ágeis e ativos nas adjacências do ninhos, podendo cair dos ninhos e realizar escaladas de volta. Não foi possível realizar as biometrias de jovens IV devido a sua resposta rápida à presença humana e tentativa de fuga, resultando na queda destes jovens e influenciando significativamente na taxa de mortalidade do ninho, devido às grandes chances de não conseguirem voltar.



Figura 33. Jovem IV. Observam-se as penas das asas e retrizes formadas.

Não foi possível observar o momento exato em que um jovem realiza a sua primeira tentativa de voo, pois em determinado estágio da colônia reprodutiva em que os filhotes estão desenvolvidos, de Jovens III e IV tendem a empoleirar nas adjacências dos ninhos, sendo impossível a re-identificação do filhote. **Juvenis (‘*Fledglings*’)**, são aqueles que já realizaram suas primeiras tentativas de voo. Como características, apresentam penas desenvolvidas por todo o corpo, com a região dos olhos podendo haver ainda ausência de penas, indicando ser um indivíduo recentemente recrutado (Figura 33).



Figura 34. Indivíduo Juvenil recém recrutado.

Nos estágios mais avançados da colônia, no qual os filhotes já se desenvolveram, era possível observar juvenis recém recrutados realizando tentativas de voo, que quando mau sucedidas, escalavam árvores para ganhar altura e realizar novas tentativas. Nesta etapa, muitos juvenis pernoitaram na beira da água, nas proximidades da colônia. Na água ou no solo, interagem com objetos como folhas e gravetos, momento oportuno para realizar contagens de indivíduos Juvenis (Figura 34).

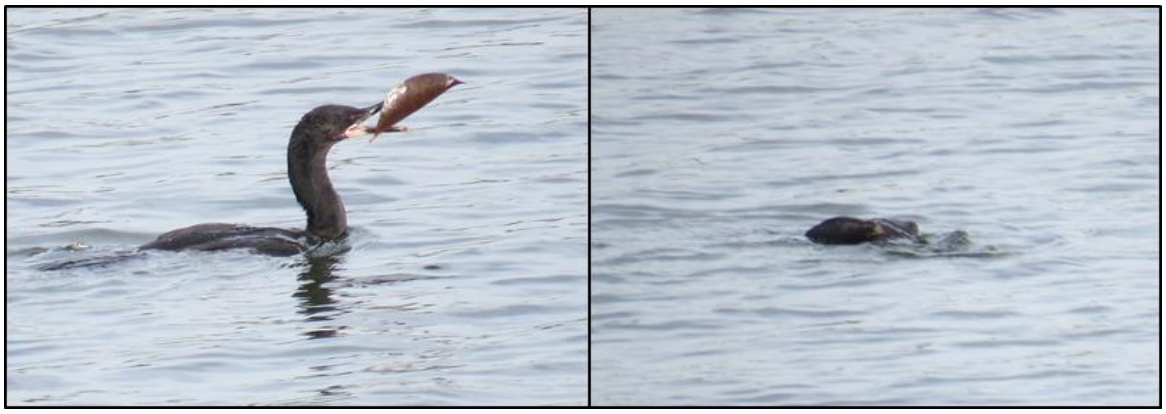


Figura 35. Juvenil interagindo com uma folha, manipulando-a de baixo da água.

Mortalidade de filhotes

Sempre que possível, ao percorrer o transecto da área de estudo, carcaças frescas foram contabilizadas, caracterizadas quando ao estágio do e retiradas do transecto para evitar duplas contagens. Carcaças frescas, porém muito destruídas (principalmente por urubus) tiveram seus comprimentos de

tarsos ou cúlmen medidos para uma estimativa do desenvolvimento. Potenciais causas de mortes consistem nas **naturais** (carcaça dentro ou nas imediações do ninho sem informações evidentes da causa), **predação** (animal com sinais de danos no abdómen ou na cabeça), **causas adversas** (causas diferentes de naturais e predação) e **indefinidas** (desaparecimento de filhotes).

Predadores

Neste estudo, qualquer tipo de interação de outros animais que de alguma forma influenciou o comportamento de biguás, ou que, potencialmente, poderia influenciar os comportamentos da colônia, foram registrados. Sendo estas interações, animais forrageando nas proximidades do ninhal, predação, uso de poleiro e interações humanas. Considerou-se predador aquele animal que se alimentou de ovos dentro dos ninhos e filhotes vivos, selecionando aquele indivíduo da população de *N. brasilianum*. Animais que se alimentaram de carcaças ou jovens e ovos caídos foram considerados oportunistas, já que a causa da mortalidade não necessariamente ocorreu desta interação. Com auxílio de binóculos e registro fotográfico, as espécies que interagiram com a colônia reprodutiva foram identificadas e contabilizadas.

Resultados

Contagens de ninhos

Foram registrados picos reprodutivos ao longo das três temporadas, com o maior número de ninhos contabilizados nos meses de junho à agosto, e queda brusca, no mês de setembro (Figura 35).

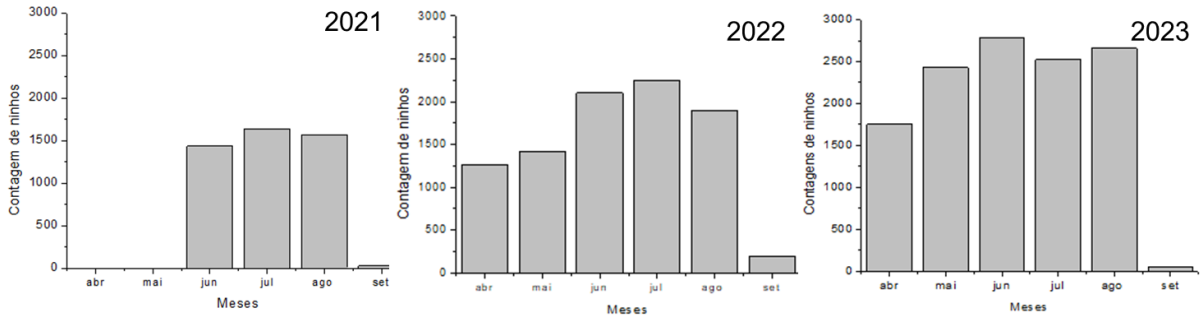


Figura 36. Número mensal de ninhos ativos de *N. brasilianum* durante os períodos de 2021, 2022 e 2023, na Lagoa do Nóca, Santa Catarina, Brasil.

Nas temporadas reprodutivas de 2021 e 2022 foram registradas intervenções humanas na colônia, como o uso de fogos de artifício e derrubada de ninhos, ocasionando mortalidade de jovens IV, juvenis em aprendizagem de voar. Entretanto no ano de 2023 não foi identificado nenhum tipo de ação contra a colônia reprodutiva.

Dados populacionais

Em 2021 não foi possível determinar a data de chegada e assentamento da colônia reprodutiva do Nóca, pois foi localizada em abril, momento em que os jovens se encontravam em estágio avançado de crescimento. Em 2022 e 2023 os biguás foram avistados a partir de janeiro no sistema estuarino de laguna, com cerca de 10% dos exemplares exibindo plumagem reprodutiva (Figura 36a e 36b), juntamente com exemplares subadultos (figura 36c) e juvenis (Figura 36d).



Figura 37. Padrões de plumagem de *N. brasilianum* em estágio reprodutivo (a,b), não reprodutivo (c) e juvenil ou subadulto (d).

As contagens de *N. brasilianum* empoleirados indicaram variações dentre a proporção de juvenis e adultos reprodutivos (Tabela 6). Em 2021, juvenis representaram uma média de 35,7% da população média adultos reprodutivos avistados empoleirados em poleiros próximos da colônia à uma distância máxima de 1,5 km do centro da colônia. Estes poleiros se

encontravam principalmente ao longo do Canal dos molhes, canal que liga o estuário ao oceano. A tabela 6 resume os números de ninhos contabilizados na colônia reprodutiva, a porcentagem de juvenis em relação a adultos reprodutivos empoleirados e a população total e estimada.

Tabela 6. Variação mensal do número de ninhos, juvenis e população total de *Nannopterum brasilianum* durante as três temporadas reprodutivas na colônia reprodutiva da Lagoa do Nóca, litoral sul de Santa Catarina, Brasil.

Ano	2021					
mês	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set
N° ninhos	-	-	1435	1640	1560	27
Adultos rep.			2870	3280	3120	52
Juvenis (%)	-	-	44,1	30,5	32,5	-
N° juvenis	-	-	1265	1000	1014	-
Pop. total	4500±721	2700±413	4135	4280	4134	1345±226
Ano	2022					
mês	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set
N° ninhos	1260	1410	2100	2250	1890	190
Adultos rep.	2520	2820	4200	4500	3780	380
Juvenis (%)	128	130,8	57,9	59,5	49,5	-
N° juvenis	3226	3610	2435	2680	1730	-
Pop. total	5746	6430	6635	7180	5510	3610±110
Ano	2023					
Mês	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set
N° ninhos	1750	2425	2780	2520	2660	45
Adultos rep.	3500	4850	5560	5040	5320	90
Juvenis (%)	38,5	21,0	18,2	45,8	13,5	-
N° juvenis	1347	1018	1011	2308	718	-
Pop. total	4897	5868	6571	7348	6038	2060±450

Formação de casais e construção de ninhos

Nannopterum brasilianum não apresenta dimorfismo sexual aparente, sendo necessário o uso de DNA para sua sexagem, mas possui um elaborado comportamento de coorte, que consiste em contrair o corpo, aproximar o tronco ao ponto de apoio (galhos ou troncos), elevar a cabeça e retrizes exibindo a cloaca (Figura 37), vocalizar e bater as asas. Este comportamento foi executado alternadamente entre o descanso e exibição, atraindo o interesse de potenciais parceiros, mas nem sempre resultou em sucesso. Na aproximação de potencial parceiro, o indivíduo que havia se exibido busca aceitação com bicadas leves (Figura 38a), seguido de “carícias” por ambos, entrelaçamento e roçar de pescoços (figura 38a e 38b), culminando em cópula (Figura 38d).



Figura 38. Comportamento de coorte de *N. brasilianum.*



Figura 39. Comportamentos de coorte. (a) pedidos de aproximação, (b) e (c) “toque de penas” e (d) cópula.

Os casais de *N. brasilianum* constroem seus ninhos nas proximidades da copa (em média o terço superior da árvore), no encontro entre galhos. Os ninhos de *N. brasilianum* são dispostos inicialmente no nó da árvore e construídos a partir de gravetos verdes com ou sem folhas que, ao ganhar estrutura, os gravetos são arranjados de forma arqueada, dando circunferência e profundidade aos ninhos (Figura 39). Um mesmo material pode ser reposicionado diversas vezes antes do resultado final.



Figura 40. Fotografias exemplificando os diversos estágios de construção e uso de ninhos.

Enquanto um integrante do par reprodutivo traz materiais, o outro permanece no local escolhido para ninho dispondo o material coletado, que pode ser oriunda da vegetação circunvizinha ou água. Foram observados biguás submergindo sem materiais no bico e emergindo com gravetos, que pode ser submetido a diversos mergulhos até ser entregue ao parceiro. O Guano dos biguás, geralmente foi utilizado na estruturação dos ninhos, atuando como cola dos gravetos nas fases iniciais. Também foi frequente a utilização de material da pesca como de linhas, cordas e fragmentos de rede (Figura 40). Pilhagem de material ou destruição de ninhos foi observada na ausência do par reprodutivo.



Figura 41. Utilização de vegetação e material antrópico na construção de ninhos.

Ninhada e tamanho de ovos

O tamanho da ninhada variou entre 1 a 6 ovos com uma média de 3,58 ±1,05 (n = 41) em 2022 e 3,73 ±1,23 em 2023 (n = 62), enquanto que o número de nascimentos foi de 3,13 ±0,81 (n = 37) em 2022 e 3,43 ±0,93 (n = 57) em 2023. Dos ninhos monitorados, apenas dois apresentaram perda e ovos (ninhos #4 e #6). Ovos apresentaram um comprimento médio de 52 ±1,72mm (n = 10), largura de 33,8 ±1.99mm e peso médio de 46,8 ±6,68g. Os ovos chocaram de forma assíncrona, ou seja, houve um espaço de tempo entre o nascimento de jovens (Tabela 7).

Tabela 7. Média ± desvio padrão (mínimo - máximos) dos comprimentos totais (Lt), larguras máxima (Wd) e volume (cm³) de ovos de biguás (*Nannopterum brasilianum*) em relação à sequência de postura no Sistema Estuarino de Laguna, durante a temporada reprodutiva de 2023.

Ovos	A (n = 3)	B (n = 5)	C (n = 5)	D (n = 4)
Lt (mm)	54,9 ± 1,24	54,6 ± 1,02	53,3 ± 1,90	52,2 ± 1,26
	(53,0 – 56,9)	(52,7 – 56,3)	(51 – 56,3)	(50,9 – 53,8)
Wd (mm)	34,9 ± 1,61	35,2 ± 1,96	35,1 ± 1,38	36,2 ± 0,75
	(30,9 – 36,4)	(31,7 - 37)	(30,1 – 36,2)	(35,4 – 37,8)
Volume (cm³)	34,2 ± 3,45	34.7 ± 3,93	33 ± 2,29	34,9 ± 0,82
	(26,8 – 38,0)	(28,1 – 39,1)	(25.8 – 35,7)	(34,0 – 37,1)

Fases de desenvolvimento de filhotes

Nos anos de 2022 e 2023, os primeiro filhotes de *N. brasilianum* (neonatos) foram avistados nos dias 9 de maio e 22 de abril. Este primeiro estágio de vida apresentou um incremento de massa corporal do primeiro ao segundo dia de vida de 18,3 ±1.6g. Na tabela 8 são apresentados os valores das amplitudes de comprimento de bico e massa corporal dias filhotes no ano de 2023.

Tabela 8. Número de indivíduos mensurados (N), Comprimento do cúlmen do bico (mm) e massa média (g) dos jovens I, II, III e IV de *N. brasilianum* no Sistema Estuarino de Laguna (média ± desvio padrão).

		L_t culmen (mm)			Massa (g)	
Estágio	**N**	**Idade**	**média**	**Desvio Padrão**	**média**	**Desvio Padrão**
Neonato	19	1-2	10	± 1,28	28,2	± 2,90
Jovem I	11	3-6	17,9	± 3,63	90,0	± 21,8
Jovem II	6	7-12	32,9	± 11,8	397,6	± 115,7
Jovem III	4	13-19	40,5	± 9,43	756,2	± 178,3
Jovem IV	-	20+	-	-	-	-

Mortalidade da colônia

Durante o ano de 2023 foram contabilizadas 225 carcaças dentre os 46 dias de amostragem por todo o transecto estabelecido dentro colônia (Figura 41). Houve uma média de 4.89 ± 5,17 jovens mortos por dia, variando entre 0 e 18.

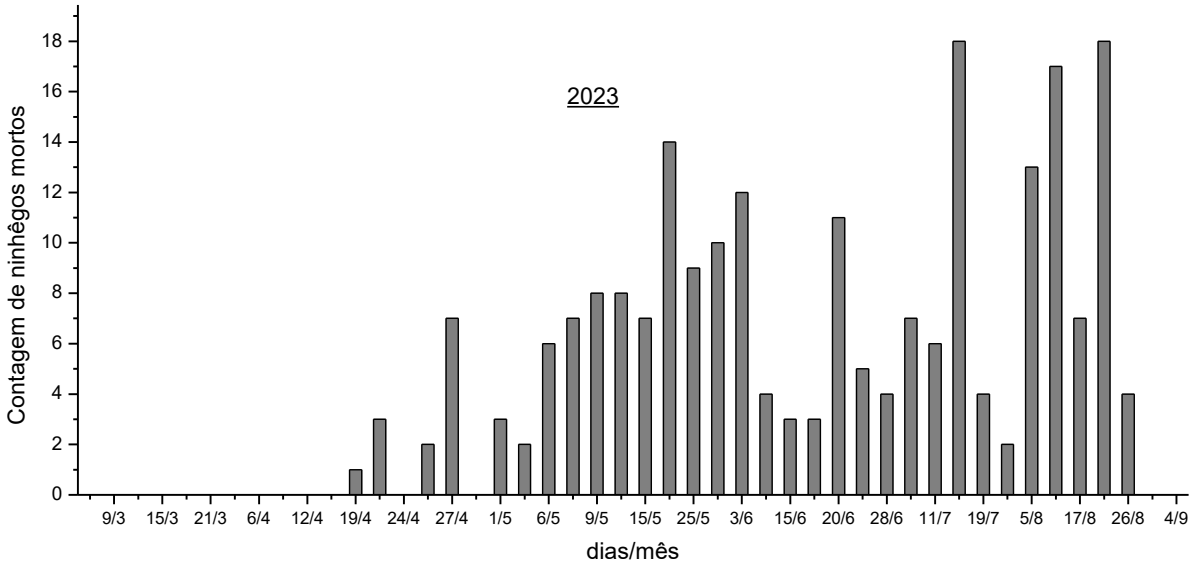


Figura 42. Mortalidade diária de jovens de *N. brasilianum* ao longo da temporada reprodutiva de 2023 na Lagoa do Nóca, Laguna, Santa Catarina.

A principal causa de mortalidade foi a **natural** (Figura 42) com 70,2% (n = 158) das mortes, 59 carcaças apresentaram causas indefinidas (n = 59); 2% mortos por predação (n = 5) (Figura 43); e três indivíduos tiveram suas mortes por causas adversas (dois mortos por pular do ninho e uma morte por asfixiação, Figura 44).



Figura 43. Exemplo de mortalidade natural em jovens de *Nannopterum brasilianum* (a - b) Jovens mortos dentro do ninho. (c) jovem caído, considerado como um indivíduo morto. (d) jovem caído sem sinais de dano por predadores.



Figura 44. Jovens com sinais de predação, com apenas parte do corpo consumido.



Figura 45. Mortalidade adversa. Afixação devido à um conteúdo alimentar grande.

De um total de 25 jovens monitorados, onze morreram. Sete de causas **naturais** e o restante de causa **indefinida** (desaparecidos). Foi identificado um **jovem IV** “A” morto (ninho 6), três **jovens II** “C” (ninhos 2,4 e 9), um “A” (ninho 2) e dois “D” (ninhos 8 e 9). Em média, foram postos 4,1 ± 0,89 **ovos por ninho** (n = 6) e 2,3 ± 0,47 chegando à fase **Juvenil.** A média do **sucesso reprodutivo** dos ninhos monitorados foi de **56,9%**, ou seja, é esperada que aproximadamente metade do tamanho da prole sobreviva até a fase de Juvenil.

Predadores

Na colônia reprodutiva de *N. brasilianum* na Lagoa do Nóca, foram observadas diversas espécies predadoras, incluindo o Carcará (*Caracara plancus*), o Teiú (*Tupinambis merianae*), o Gavião Carrapateiro (*Milvago chimachima*) e a Garça Branca Grande (*Ardea alba*) (Figuras 45-50). Além disso, espécies carniceiras e oportunistas como o Urubu de Cabeça Preta (*Coragyps atratus*) e o Urubu de Cabeça Vermelha (*Cathartes aura*) marcaram presença, principalmente nos últimos meses da colônia, quando o número de carcaças era elevado. Entre as espécies supracitadas, apenas o Carcará foi observado interagindo diretamente com os ninhos, predando ovos, filhotes e interagindo com adultos reprodutivos (Figuras 51 e 52). As demais espécies, incluindo teiús, garças e urubus, foram registradas alimentando-se de carcaças ou jovens e ovos caídos. O casal de Gavião Carrapateiro foi visto apenas sobrevoando e empoleirando nas proximidades da colônia, sendo considerado

como uma espécie oportunista devido ao seu comportamento alimentar. A Garça-branca-grande e o Urubu da cabeça preta foram as espécies mais abundantes que interagiram com a colônia reprodutiva, com a Garça Branca com 71 indivíduos contabilizados em Maio de 2023 e 34 Urubus contabilizados no mês de Julho de 2023.



Figura 46. Carcará (*Caracara plancus*). Atuou como predador de ovos e jovens na Lagoa do Nóca.



Figura 47. Lagarto teiú (*Tupinambis merianae*). Observado se alimentando de ovos caídos na colônia reprodutiva da Lagoa do Nóca.



Figura 48. Gavião carrapateiro (*Milvago chimachima*). Atuou como oportunista na Lagoa do Nóca. Observou-se em diversos momentos a presença deste casal nas imediações da colônia.



Figura 49. Garça Branca Grande (*Ardae alba*). Atuou como oportunista na Lagoa do Nóca, forrageavam ovos quebrados no chão da colônia reprodutiva.



Figura 50. Urubu de cabeça preta (*Coragyps atratus*). Atuou como oportunista, se alimentando principalmente de carcaças.



Figura 51. Urubu de cabeça vermelha (*Cathartes aura*). Atuou como oportunista.



Figura 52. Comportamento agonístico de *N. brasilianum* exibindo uma postura de defesa contra a presença do Carcará



Figura 53. Comportamento agonístico de *N. brasilianum* diretamente contra o casal de carcarás, protegendo a prole.

Discussão

Nannopterum brasilianum é uma espécie residente no Sistema Estuarino de Laguna ao longo de todo o ano, exibindo flutuações sazonais associadas aos períodos reprodutivos, como observado em outras regiões costeiras do Brasil. No estuário do Saco da Fazenda e na Lagoa dos Patos, por exemplo, as populações de biguás se demonstraram também residentes com picos populacionais entre os meses de junho e março, com uma queda notável nos meses de abril a junho dos anos de 2002 e 2008, respectivamente.

No SEL, observa-se um aumento significativo na abundância de *N. brasilianum* no momento em que a colônia é estabelecida na porção baixa do estuário, na Lagoa do Nóca, do final do verão até o inverno (fevereiro à setembro). Estas flutuações sazonais da população de *N. brasilianum* no SEL corroboram com as populações observadas no Saco da Fazenda e na Lagoa dos Patos, entretanto, é importante ressaltar que os dados populacionais dessas áreas referem-se aos anos de, respectivamente, 2003 a 2005 e 2001 e 2002, enquanto as colônias reprodutivas de *N. brasilianum* no SEL começaram a ser observadas após 2015, conforme relatos locais. Durante os anos de 2013 e 2014, outro censo populacional foi realizado na cidade de Seropédica, Estado do Rio de Janeiro, à 20 km do oceano. Neste censo, Da Silva et al. (2018) também verificou diferenças significativas nas abundâncias sazonais de *N. brasilianum*, entretanto apesar de identificar plumagens reprodutivas, não observou atividades reprodutivas. Branco et al (2002) e Barquete et al (2008) associam os padrões temporais de distribuição de *N. brasilianum* ao seus sítios de forrageamento e reprodutivos. O SEL apresenta habitats que servem como sítios de alimentação e reprodutivos, entretanto é possível observar uma conspícua população migratória que chega meses antes da temporada reprodutiva, corroborando com as discussões de Branco (2002) e Barquete et al (2008).

O número de ninhos da colônia reprodutiva de biguás no SEL variou ao longo dos três anos amostrados, com a menor contagem de 1640 ninhos ativos em 2021 e a maior de 2780 em 2023. Não há registros anteriores disponíveis sobre a colônia reprodutiva específica no SEL para comparação. No entanto,

outros estudos documentaram a presença de colônias ou ninhais de biguás em diferentes regiões do Brasil. Azevedo (1995) observou pequenos agrupamentos na região da cidade de Florianópolis, Santa Catarina; da Silva et al. (2000) registraram uma colônia reprodutiva no Pantanal e Alves et al. (2011) encontraram ninhos no Arquipélago das Tijucas, no Rio de Janeiro. Estudos mais abrangentes sobre o número de ninho foram conduzidos por Quintana, Yorio e Borboroglu (2002), que identificaram 104 ninhos ativos na Argentina, e por Kalmbach e Becker (2001), que relataram 6770 pares reprodutivos em 1996 e 2670 em 1997.

Não foram identificados ninhos de outras espécies concomitantemente aos ninhos de *N. brasilianum*, entretanto, ninhos de *Ardea alba* (Garça Grande Branca) foram avistados na mesma localidade logo após a temporada reprodutiva de *N. brasilianum*. É comum outras aves usufruírem de ninhos já inativos de outras espécies, assim como é comum diversas espécies de aves marinhas compartilharem uma colônia reprodutiva, como por exemplo, uma colônia reprodutiva no Pantanal na qual os biguás e os biguatingas (*Anhinga anhinga*) foram as primeiras espécies a estabelecerem a colônia no período de cheia (Silva et al., 2000). No mesmo sítio, ao final da temporada reprodutiva, na seca, garças (*A. alba*), colhereiros (*Platalea ajaja*) e cabeças-secas (*Mycteria americana*) usufruem dos ninhos de biguás (da Silva et al., 2000). O SEL, principalmente a Lagoa do Nóca, apresenta uma assembleia de aves aquáticas diversa (Pimenta, não publicado), principalmente aves pertencentes à ordem dos Charadriiformes como o Piru-piru (*Haematopus palliatus*), Gaivota (*Larus dominicanus*), Maçarico-de-perna-amarela (*Tringa flavipes*) e aves de outros gruos taxonômicos como a Garça-moura (*Ardea cocoi*), Maguari (*Ciconia maguari*), Colhereiro (*P. ajaja*) dentre outras. Estas aves não compartilharam ou usufruíram dos ninhos inativos de biguás (com exceção das Garças brancas) sugerindo que existe um potencial mínimo de competição espacial pela colônia, como ocorre em outras colônias. É importante ressaltar que o Biguá é a única espécie da Família Phalacrocoracidae que ocorre dentro do território brasileiro (Sick et al., 1997; De Piacentini et al., 2015), sendo assim, a competição congenérica (espécies de um mesmo grupo taxonômico) por sítios de alimentação e colônias reprodutivas é um fenômeno de menor potencial,

diferente de outras colônias de cormorões no hemisfério norte (Van Tets, 1959; Hanson et al., 2010) .

O tamanho médio da ninhada de 3.58 e 3.73 ovos por ninho nos anos de 2022 e 2023 respectivamente corroboram com o tamanho médio da ninhada de 3.5 e 3.6 em colônias reprodutivas na Argentina e Estados Unidos (Quintana et al., 2002a; Kalmbach & Becker, 2005). Já, Morrison et al., (1979) verificou um tamanho médio de ninhada menor com 2.87 ovos por ninho e uma média de 0.95 de jovens que chegam à fase de juvenil em uma colônia reprodutiva no Texas, sugerindo estas proporções são relativamente baixas quando comparadas com outras espécies de cormorões. O sucesso reprodutivo de ninhos de 56.9% deste da colônia do SEL corrobora com o sucesso de 50% avaliado no Texas, Estados Unidos (Morrison et al., 1979).

Apesar da região ser um ambiente produtivo e dispor de recursos alimentares durante a temporada reprodutiva, proles com 3 ou mais filhotes podem ser desafiadoras de se alimentar. Neste sentido, casal reprodutivo pode se deparar com um *trade-off* entre qualidade e quantidade da prole, fornecendo alimentos para poucos jovens e garantido o sucesso do ninho com uma prole menor, ou fornecendo alimento para todos os jovens e gerando uma prole de menor aptidão (Quintana et al., 2002). Em nosso estudo, observou-se uma mortalidade alta de filhotes “C” e “D”, entretanto, não foi possível avaliar se estas mortalidades estavam associadas à qualidade ou quantidade de alimento, sendo necessário avaliar o número de alimentações realizadas para cada filhote. Além disso, a carência de dados sobre a dinâmica das populações de peixes no SEL dificulta o entendimento sobre como a disponibilidade de recursos influencia a distribuição de biguás, suas migrações e comportamentos reprodutivos.

O principal motivo da mortalidade de jovens na colônia reprodutiva do SEL ocorreu devido às mortes naturais, corroborando com estudos de *N. brasilianum* e *P. carbo*, que atribuem mortes naturais à fome e o pisoteio (Morrison et al., 1979; Childress & Bennun, 2003). A presença não numerosa de predadores, como os casais de carcarás e gaviões-carrapateiros podem não ter exercido pressões predatórias sobre a colônia, como no caso da Argentina

(Quintana et al., 2002a), onde a principal causa de mortalidade foi a perda de ovos por predação, principalmente por espécies abundantes de predadores Gaivotas (*Larus dominicanus*) e o Mandrião-antártico (*Stercorarius antarticus*). Entretanto, as mortalidades de jovens devem ser averiguadas através da avaliação de regurgito espontâneos de jovens, as frequências de alimentação dos pais, as taxas de mortalidade e os possíveis efeitos que predadores podem exercer na colônia.

Conclusões

Os resultados e parâmetros observados neste estudo estabelecem uma base sólida para futuras investigações sobre a biologia de *N. brasilianum* em outras regiões. No entanto, ainda existem lacunas significativas em nosso entendimento, como a distribuição de colônias reprodutivas e os padrões de migração de biguás, que requerem investigação adicional nas regiões costeiras de outros estados e no Estado de Santa Catarina.

Sugere-se que futuras pesquisas incluam acompanhamentos periódicos na colônia para coletar dados ecológicos e amostras para análises da dieta e genética. Além disso, o anilhamento de indivíduos pode fornecer insights valiosos sobre o comportamento e a dinâmica de migração dessas aves. A análise integrada de parâmetros ecológicos, como a dieta e os parâmetros reprodutivos da colônia (tamanho de ninhada, mortalidade e sucesso reprodutivo), pode revelar como a colônia responde às condições do ambiente e à qualidade do habitat.

É importante ressaltar também a necessidade de considerar o impacto das atividades de pesca artesanal, já que o biguá potencialmente compete por recursos com essas comunidades. Compreender melhor a ecologia e o comportamento dos biguás pode fornecer informações valiosas para o manejo sustentável dos recursos pesqueiros dentro do SEL, beneficiando tanto as aves quanto as comunidades humanas que dependem desses recursos.

Referências bibliográficas

Alves, V., Soares, A., Couto, G. s, & Draghi, J. (2011). Pattern of occurrence and distribution of Neotropic Cormorants (Phalacrocorax brasilianus) in the Guanabara Bay, Rio de Janeiro, Brazil. *Revista Brasileira de Ornitologia*, *19*, 469–477.

Azevedo, T. R. de. (1995). Estudo da avifauna do campus da Universidade Federal de Santa Catarina (Florianópolis). *Biotemas*, *8*(2), 7–35. https://doi.org/10.5007/%25x

Barati, A. (2009). Diet and growth of chicks of the Great Cormorant, *Phalacrocorax carbo* , at Ramsar, northern Iran (Aves: Phalacrocoracidae). *Zoology in the Middle East*, *46*(1), 29–36. https://doi.org/10.1080/09397140.2009.10638324

Branco, J. O. (2003). Reprodução de Sterna hirundinacea Lesson e S. eurygnatha Saunders (Aves, Laridae), no litoral de Santa Catarina, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, *20*(4), 655–659. https://doi.org/10.1590/S0101-81752003000400017

Carss, D. N. (2022). There must be Some Kind of Way Out of Here: Towards 'Reframing' European Cormorant-Fisheries Conflicts. *Ardea*, *109*(3), 667–681. https://doi.org/10.5253/arde.v109i2.a31

Carss, D. N., Parz-Gollner, R., & Trauttmansdorff, J. (2012). *The INTERCAFE Field Manual: Research methods for Cormorants, fishes, and the interactions between them*. NERC Centre for Ecology & Hydrology on behalf of COST. https://doi.org/10.13140/2.1.4536.9604

Childress, R. B., & Bennun, L. A. (2003). Effect of breeding timing on White-breasted Cormorant (*Phalacrocorax carbo*) reproductive success at a seasonally constant Kenyan lake. *Ostrich*, *74*(1–2), 102–109. https://doi.org/10.2989/00306520309485375

Dantas, D. V., Ribeiro, C. I. R., Frischknecht, C. D. C. A., Machado, R., & Farias, E. G. G. (2019). Ingestion of plastic fragments by the Guri sea catfish Genidens genidens (Cuvier, 1829) in a subtropical coastal estuarine system. *Environmental Science and Pollution Research*, *26*(8), 8344–8351. https://doi.org/10.1007/s11356-019-04244-9

De Piacentini, V. Q., Aleixo, A., Agne, C. E., Maurício, G. N., Pacheco, J. F., Bravo, G. A., … Cesari, E. (2015). Annotated checklist of the birds of Brazil by the Brazilian Ornithological Records Committee / Lista comentada das aves do Brasil pelo Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos. *Revista Brasileira de Ornitologia*, *23*(2), 91–298. https://doi.org/10.1007/BF03544294

Dorfman, E. J., & Kingsford, M. J. (2001). Environmental determinants of distribution and foraging behaviour of cormorants (Phalacrocorax spp.) in temperate estuarine habitats. *Marine Biology*, *138*(1), 1–10. https://doi.org/10.1007/s002270000437

Guevara, E. A., G, T. S., Mueces, T., Terán, K., & Henry, P.-Y. (2011). Population Growth and Seasonal Abundance of the Neotropic Cormorant (*Phalacrocorax brasilianus*) at Highland Lakes in Ecuador. *Waterbirds*, *34*(4), 499–503. https://doi.org/10.1675/063.034.0413

Hanson, K. C., Vault, T. L. D., & Dinsmore, S. J. (2010). Increased Abundance and First Breeding Record of the Neotropic Cormorant (*Phalacrocorax brasilianus*) on the Alluvial Plain of Mississippi. *Southeastern Naturalist*, *9*(2), 385–394. https://doi.org/10.1656/058.009.0213

Kalmbach, E., & Becker, P. H. (2005). Growth and survival of neotropic cormorant (Phalacrocorax brasilianus) chicks in relation to hatching order and brood size. *Journal of Ornithology*, *146*(2), 91–98. https://doi.org/10.1007/s10336-004-0061-6

Lorentsen, S.-H., Anker-Nilssen, T., Barrett, R. T., & Systad, G. H. (2022). Population Status, Breeding Biology and Diet of Norwegian Great Cormorants. *Ardea*, *109*(3). https://doi.org/10.5253/arde.v109i2.a4

Morrison, M. L., Shanley, E., & Slack, R. D. (1977). The Food of Nestling Olivaceous Cormorants. *The Southwestern Naturalist*, *22*(3), 321–326. JSTOR. Recuperado de JSTOR.

Morrison, M. L., Shanley, E., & Slack, R. D. (1979). Breeding Biology and Age-Specific Mortality of Olivaceous Cormorants. *The Southwestern Naturalist*, *24*(2), 259–266. JSTOR. https://doi.org/10.2307/3670923

Quintana, F., Uhart, M. M., Gallo, L., Mattera, M. B., Rimondi, A., & Gómez-Laich, A. (2022). Heat-related massive chick mortality in an Imperial Cormorant Leucocarbo atriceps

colony from Patagonia, Argentina. *Polar Biology*, *45*(2), 275–284. https://doi.org/10.1007/s00300-021-02982-6

Quintana, F., Yorio, P., & Borboroglu, P. G. (2002). *ASPECTS OF THE BREEDING BIOLOGY OF THE NEOTROPIC CORMORANT PHALACROCORAX OLIVACEUS AT GOLFO SAN JORGE, ARGENTINA*.

Quintana, F., Yorio, P., Lisnizer, N., Gatto, A., & Soria, G. (2004). DIVING BEHAVIOR AND FORAGING AREAS OF THE NEOTROPIC CORMORANT AT A MARINE COLONY IN PATAGONIA, ARGENTINA. *The Wilson Bulletin*, *116*(1), 83–88. https://doi.org/10.1676/0043-5643(2004)116[0083:DBAFAO]2.0.CO;2

Schreiber, E. A., & Burger, J. (Orgs.). (2002). *Biology of marine birds*. Boca Raton, Fla: CRC Press.

Sick, H., Pacheco, J. F., & Haffer, J. (1997). *Ornitologia brasileira* (2. impr). Rio de Janeiro: Ed. Nova Fronteira.

Silva, C. J. D., Abdo, M. S. A., & Oliveira, M. M. D. (2000). *CARATERIZAÇÃO AMBIENTAL DO NINHAL CORUTUBA, PANTANAL DE BARÃO DE MELGAÇO, MT*.

Svagelj, W. S., & Quintana, F. (2011). Egg-Size Variation in the Imperial Cormorant: On the Importance of Individual Effects. *The Condor*, *113*(3), 528–537. https://doi.org/10.1525/cond.2011.100038

Tette Pomárico, A., López-Peña, A., Franke-Ante, R., & Duarte, L. O. (2020). Dieta y amplitud del nicho trófico del cormorán neotropical [Nannopterum brasilianus (Gmelin, 1789)] en el Santuario de Flora y Fauna Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe de Colombia. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, *49*(SuplEsp), 193–208. https://doi.org/10.25268/bimc.invemar.2020.49.SuplEsp.1072

Van Tets, G. F. (1959). *A comparative study of the reproductive behaviour and natural history of three sympatric species of cormorants, Phalacrocorax auritus,P. penicillatus, & P. pelagicus.* https://doi.org/10.14288/1.0106056

Considerações finais

Trabalhar com Biguás na cidade de Laguna durante todo o processo do meu doutorado foi uma realização pessoal e profissional como biólogo. A beleza da paisagem e da biodiversidade local, juntamente com todos os seus processos, me motivaram a seguir adiante. Encontrei em mim a sensação de ser pesquisador e estou entregando estes resultados não com um sentimento de esgotamento, mas com total prazer de tê-lo realizado e de continuar contribuindo para o conhecimento científico.

Outro aspecto enriquecedor deste trabalho foi o contato com a comunidade pesqueira local. Compreender as necessidades e desafios enfrentados por essas pessoas para garantir seu sustento proporcionou-me uma nova perspectiva sobre a vida e a realidade social. Laguna verdadeiramente me transformou e sou imensamente grato por essa experiência durante o meu doutorado.

Trabalhar com biguás não é um trabalho difícil, mas também não é fácil. São aves abundantes e muito conspícuas, de fácil identificação no qual o olhar de procura facilmente as enxerga. Em março de 2021, sem conhecer a região, foi possível identificar seus dormitórios e colônia reprodutiva em menos de duas semanas. Pelo menos aqui em Laguna, estas aves iniciam seu dia levantando voo aos poucos do dormitório, o que facilita as contagens populacionais.

Existem diversas formas de avaliar a dieta destas aves, dentre elas análises de regurgitos e observação (como eu realizei aqui nesta tese), entretanto implementar análises de isótopos estáveis incorpora muita informação e deve também ser utilizada. Eu também nunca havia visto um otólito ao vivo e tive que aprender a identifica-los. Depois da ajuda da Bruna e do professor Davi (duas pessoas com experiência em otólitos) eu consegui me guiar sozinho neste ramo, mas com muito trabalho de laboratório. Eu sugiro o uso destas pelotas e otólitos para análise da dieta, pois é um processo que interfere pouco na vida do animal e é possível coletar inúmeras amostras em um dia de campo. Colete bastantes amostras (+15 por campo) para evitar o viés metodológico, descrito na tese, e realize campos subsequentes! Colete dois ou três dias seguidos por semana, pois apesar de não tê-lo feito, eu acredito que podemos avaliar melhor a composição taxonômica da espécie em escalas temporais precisas e subsequentes. Uma coleta mensal ou quinzenal pode não responder sobre diferenças temporais na dieta desta ave em sistemas dinâmicos como os estuários.

A minha maior dificuldade quanto à ecologia reprodutiva foi conseguir um número amostral de ninhos, dentro de um dormitório com quase 2000 ninhos. Isto ocorreu, pois as árvores estavam muito altas e os galhos muito finos para apoiar uma escada ou escalar. Então, algo a se fazer: após a identificação da colônia reprodutiva no ano anterior, procure aquelas árvores mais fortes e tente adquirir vantagem para observar ninhos de cima, antes da colônia ser estabelecida pelas aves. Durante a formação de casais e criação de ninhos, nossa presença pode afugentar as aves e influenciar negativamente a interação, ou seja, não temos tempo para procurar pontos de observação ou árvores a se escalar durante este período.

Durante o período de incubação, nossa presença afugenta o biguá incubando, entretanto ele retorna ao ninho depois de um tempo. Antes de se aproximar do ninho faça sua presença aparente para que ele não se assuste e quebre os ovos. Eu perdi um ovo A de um dos poucos ninhos que eu tinha acesso por conta disto. Após o nascimento de filhotes, o tempo passa rápido, frequente o ninhal diariamente. Não utilize canetas para a identificação dos filhotes, pois a marcação fica fraca com um ou dois dias, sendo necessário a remarcação. Utilize anilhas de plástico para identificação dos filhotes. Quando novos são fáceis de manusear, entretanto após 13 dias de vida já são ágeis. Ao abordar o ninho, tenha em mãos um puçá com diâmetro maior que o ninho, para evitar que os filhotes caiam. Também, utilize-se de drones para o monitoramento aéreo, entretanto faça testes de voo nas proximidades da colônia para verificar a resposta das aves quanto à presença do drone e o quão perto é possível chegar da colônia.

Durante a temporada reprodutiva, aproveite os regurgitos espontâneos de exemplares de peixes inteiros para coleta. Os biguás se alimentam de peixes juvenis e estas faixas etárias são escassas em estudos populacionais de peixes, principalmente dentro de estuários que são ambientes dinâmicos. Peixes pequenos, inteiros e não digeridos são comuns de serem regurgitados por adultos ou filhotes e são amostras importantíssimas para se adequar curvas de crescimento.

Por último, infelizmente uma pequena parcela da humanidade é perversa. Aprendi que existe mais gente com bondade no coração do que pessoas amargas. Entretanto, como discuti em meu capítulo 3, os biguás têm potencialidade em conflitar com produtores e pescadores. Saiba que uma pequena parcela deste grupo pode exercer influências negativas nas populações de biguás. Conheci muitos pescadores e a maioria não liga muito para os biguás, entretanto basta apenas um pescador com um rojão ou uma arma para exercer uma influências negativas e às vezes, deletérias. Nesta tese era para eu realizar o estudo em duas colônias reprodutivas. Entretanto, uma ação criminosa no ano de 2022 matou cerca de 75 indivíduos em uma colônia pequena, com cerca de 300 ninhos, localizada na região do Perrexil em Laguna. Os biguás não retornaram no ano seguinte.

Minha sugestão é, converse e conheça a comunidade associada ao ninhal. Seja cortes, educado e nunca arrogante. Saiba ouvir e ficar calado nas horas certas. Existe muita gente boa que tem informação e que gosta de conversar. Traga a pesquisa para a comunidade e seja forte. De inicio haverá resistência de alguns, mas com amor e educação não tem como errar. Sou grato à comunidade da Ponta da Barra e gostaria que esta tese fizesse diferença na vida deles.

