

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS FÍSICAS E MATEMÁTICAS  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA

Lucas Maebara Antunes

AVALIAÇÃO DO ESTRESSE DE CAPTURA NAS RAIAS EMPLASTRO (*Sympterygia acuta*,  
*S. bonapartii*, *Rioraja agassizii*) ENDÊMICAS DA AMÉRICA DO SUL SUBTROPICAL

Florianópolis

2022

Lucas Maebara Antunes

AVALIAÇÃO DO ESTRESSE DE CAPTURA NAS RAIAS EMPLASTRO (*Sympterygia acuta*, *S. bonapartii*, *Rioraja agassizii*) ENDÊMICAS DA AMÉRICA DO SUL  
SUBTROPICAL

Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Oceanografia do Centro de Ciências Físicas e Matemáticas da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Oceanografia.

Orientador: Prof. Renato Hajenius Aché de Freitas, Dr.

Co-orientadora: Prof<sup>a</sup>. Natascha Wosnick, Dr<sup>a</sup>.

Florianópolis

2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Antunes, Lucas Maebara

Avaliação do estresse de captura nas raias emplastro  
(*Sympterygia acuta*, *S. bonapartii*, *Rioraja agassizii*)  
endêmicas da América do Sul Subtropical / Lucas Maebara  
Antunes ; orientador, Renato Hajenius Aché de Freitas,  
coorientadora, Natascha Wosnick, 2022.

44 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -  
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências  
Físicas e Matemáticas, Graduação em Oceanografia,  
Florianópolis, 2022.

Inclui referências.

1. Oceanografia. 2. Elasmobrânquios. 3. Captura  
incidental. 4. Fisiologia. 5. Conservação. I. Freitas,  
Renato Hajenius Aché de. II. Wosnick, Natascha. III.  
Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em  
Oceanografia. IV. Título.

Lucas Maebara Antunes

AVALIAÇÃO DO ESTRESSE DE CAPTURA NAS RAIAS EMPLASTRO (*Sympterygia acuta*, *S. bonapartii*, *Rioraja agassizii*) ENDÊMICAS DA AMÉRICA DO SUL  
SUBTROPICAL

Este Trabalho de Conclusão do Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “Bacharel em Oceanografia” e aprovado em sua forma final pelo Curso de Graduação em Oceanografia.

Florianópolis, 02 de agosto de 2022.

---

Prof<sup>a</sup>. Alessandra L. D’Oliveira Fonseca, Dr<sup>a</sup>.  
Coordenadora do Curso

**Banca Examinadora:**

---

Prof. Renato H. A. de Freitas, Dr.  
Orientador  
Instituição UFSC

---

Prof. Fabio D. Jorge, Dr.  
Avaliador  
Instituição UFSC

---

Prof<sup>a</sup>. Flávia L. Zacchi, Dr<sup>a</sup>.  
Avaliadora  
Instituição UFSC

Dedico este trabalho à minha família, em especial à minha Vó, aos meus amigos e a quem  
mais se interessar por oceanografia, raias e conservação.

## AGRADECIMENTOS

Enfim a parte mais importante deste documento, o meu mais saudoso agradecimento! Agradeço primeiramente aos meus pais Marta e Hélio, por absolutamente tudo. Pela confiança e motivação, pelo apoio emocional, por serem meus pais. Se não fosse por vocês, eu nunca teria concluído minha graduação. Meu irmão Pedro; Vó; tias: Reiko, Tieko, Fátima, Elisa, Izumi; tios: Ricardo, Christian; prima Mariana; primos: Gabriel, Vitor, Vinícius, Guilherme; obrigado por serem minha família e sempre se interessarem pelas minhas histórias sobre a faculdade e a vida na ilha da magia.

Em seguida minhas graças são para a Thayná, a mulher mais querida e divertida que já conheci até hoje. Acompanhou-me durante a maior parte deste trabalho, ouviu meus lamentos e comemorou minhas realizações, me incentivou a escrever quando eu queria assistir a algum filme ou série, alegrou meus dias e deixou leve minhas rotinas. Serei sempre grato por toda sua energia contagiante e por todo seu amor e carinho!

Outras pessoas extremamente importantes e sem as quais este trabalho não seria possível, amigos com quem sempre posso contar, os quais tenho orgulho em chamá-los de amigos: Ivan, Mattheus, Fred. E mais, aqueles que estão prontos para todo rolê: Gabriel, Nico, Heitor, Andrew, Dan. Também aqueles que somem e reaparecem, e que continuam os mesmos não importa a distância: Jota, Luciano, Pedrão, João, Sandro, Balão, Mineiro, Mineirinho, Carlos, Thuco, Digo, Yuri, Yohan, Kim, Borba, Tchaina, Bolovo. Muitíssimo obrigado por toda risada, conselhos e parceria ao longo de todo esse tempo!

Não posso deixar de agradecer ao meu orientador Renato e coorientadora Natascha pelo suporte técnico e intelectual, pela paciência comigo e por toda a contribuição científica com a conservação ambiental. Foi bom demais aproveitar as saídas de campo para passar no Santinho dar um mergulho e coletar água para o aquário. Agradecimentos especiais para Renata Leite pela contribuição com as análises estatísticas e gráficas. Alisson e Rogério, pescadores colaboradores, este estudo não seria possível sem a ajuda de vocês, muito obrigado! Professoras: Alessandra, Ju, Carla, Regina, Marinez; professores: Rörig, Zé, Jarbas, Pedro, Pagliosa, Pimenta, Fetter, Klein, Norberto; secretários: Nubia, Humberto, Marquinho. Foi um enorme prazer estudar e aprender com vocês! Obrigado!

Tripulação do LEF Ciências do Mar I: comandante Onildo, chef Jader, enfermeira Rosilaine, Guilherme, Anastácio, Pedro, André, Cleber, Hélio, Jessé; equipe acadêmica do LEF Ciências do Mar I: Alessandra, Maria Fernanda, Osmar, Raphael, Stefan, Juana, Pedro, Hellen, Giulia, Barbara, Fran, Victoria. A nossa jornada embarcada até a profundidade de 350m não seria possível sem vocês, que garantiram total segurança e muito aprendizado. Obrigado! Um fortíssimo abraço, desejo saúde e sucesso a todos e todas, mares calmos e ventos em popa!

E por fim, demais pessoas que conheci neste lugar encantado: Severinho, Amitan, Joãozinho, Marcelinho, Vitorio, Rafa, Dani, Manu, Mari, Ru, todo pessoal da Bartira, Felipe, Caio, Ademar, Primo, Luana, Hillary, Ju, Lua, Henrique, Vitor, Renan, Guairá, Bruninho, Tchatchá, Baiano, Luquinhas, Gabi, Rafa, Bárbara, Iael. São vocês que encantam e fazem a magia desta ilha. Obrigado por tudo! Abraços e beijos, a gente se vê!

“Nós somos aquilo que fazemos repetidamente. Excelência, portanto, não é um modo de agir, mas um hábito.” - Will Durant

## RESUMO

Compreender os efeitos fisiológicos do estresse de captura fornece informações fundamentais para a elaboração de planos de manejo adequados para os elasmobrânquios. As raias santa (*Rioraja agassizii*), emplastro (*Sympterygia acuta*) e emplastro amarela (*Sympterygia bonapartii*) são espécies endêmicas da América do Sul Subtropical. Atualmente, a *R. agassizii* está classificada como “Vulnerável” e as *Sympterygia* spp. estão classificadas como “Em Perigo” segundo a Lista Vermelha publicada pelo ICMBio. Segundo a Lista Vermelha da União Internacional para a Conservação da Natureza, *R. agassizii* está classificada como “Vulnerável”, *S. acuta* como “Criticamente Em Perigo”, *S. bonapartii* como “Quase Ameaçada”. O objetivo do presente estudo foi avaliar o estresse de captura nessas três espécies de raias. Os animais foram obtidos junto ao desembarque das frotas artesanais no município de Florianópolis no período de janeiro/2022 a março/2022. Todos os indivíduos foram desembarcados mortos, e por esta razão, um índice de frescor foi aplicado, utilizando apenas animais que foram a óbito recentemente. Após coleta dos dados biométricos e sexagem, o sangue foi coletado e o soro foi separado para as análises fisiológicas da vulnerabilidade ao estresse de captura. Os resultados indicaram diferenças significativas no lactato e colesterol total circulantes entre as espécies. Quanto ao fósforo ( $P^{3+}$ ) e triglicerídeos, não houveram diferenças significativas. Adicionalmente, nenhuma diferença significativa foi observada para nenhum dos marcadores analisados considerando o sexo. Considerando os níveis circulantes de lactato observados no presente estudo, uma escala de vulnerabilidade foi proposta, sendo *S. acuta* a espécie mais sensível ao estresse de captura, e *S. bonapartii*, a mais resistente. Estudos futuros com uma abordagem comparativa devem ser realizados, analisando o estresse de captura em indivíduos vivos das três espécies, visando gerar dados mais robustos que possam ser aplicados para o manejo e conservação destas espécies endêmicas e ameaçadas de extinção.

**Palavras chave:** Elasmobrânquios, captura incidental, fisiologia, conservação.

## ABSTRACT

Understanding the physiological effects of capture stress provides essential information for elaborating adequate management plans for elasmobranchs. The Rio skate (*Rioraja agassizii*), the bignose fanskate (*Sympterygia acuta*) and the smallnose fanskate (*Sympterygia bonapartii*) are skates endemic to Subtropical South America. Currently, *R. agassizii* is classified as “Vulnerable” and *Sympterygia* spp. are classified as “Endangered” according to the Red List published by ICMBio. According to the Red List of the International Union for Conservation of Nature, *R. agassizii* is classified as “Vulnerable”, *S. acuta* as “Critically Endangered”, *S. bonapartii* as “Near Threatened”. The aim of the present study was to evaluate the stress of capture in these three species of skates. The animals were obtained from the landing of artisanal fleets in the city of Florianópolis from January/2022 to March/2022. All individuals were landed dead, and for this reason, a freshness index was applied, using only animals that died recently. After biometric data collection and sex determination, blood was collected and serum was separated for physiological analysis of vulnerability to capture stress. The results indicated significant differences in circulating lactate and total cholesterol between species. As for phosphorus ( $P^{3+}$ ) and triglycerides, there were no significant differences. Additionally, no significant difference was observed for any of the markers analyzed concerning sex. Considering the circulating levels of lactate observed in the present study, a vulnerability scale was proposed, with *S. acuta* as the most sensitive species to capture stress, and *S. bonapartii*, the most resistant. Future studies with a comparative approach should be carried out, analyzing the stress of capture in live individuals of all species, aiming to generate more robust data that can be applied to managing and conserving these endemic and threatened species.

**Keywords:** Elasmobranch, bycatch, physiology, conservation.

## LISTA DE FIGURAS

**Figura 1:** *Rioraja agassizii*.

**Figura 2:** *Sympterygia acuta*.

**Figura 3:** *Sympterygia bonapartii*.

**Figura 4:** Localização da área de estudo, Ilha de Santa Catarina.

**Figura 5:** Coleta de sangue via punção intracardíaca.

**Figura 6:** Medição do comprimento total e largura do disco.

**Figura 7:** (A) Pesagem com balança de precisão portátil da *S. bonapartii*. (B) Determinação do sexo da *S. acuta*. Clássper em destaque.

**Figura 8:** Concentrações de lactato nas espécies *Rioraja agassizii*, *Sympterygia acuta*, *S. bonapartii*.

**Figura 9:** Concentrações de colesterol total nas espécies *Rioraja agassizii*, *Sympterygia acuta*, *S. bonapartii*.

**Figura 10:** Correlação entre triglicerídeos e colesterol total da *Rioraja agassizii*.

**Figura 11:** Correlação entre lactato e fósforo da *Sympterygia acuta*.

**Figura 12:** Correlação entre lactato e fósforo, triglicerídeos e colesterol total da *Sympterygia bonapartii*.

**Figura 13:** Correlação entre triglicerídeos e colesterol total da *Sympterygia bonapartii* (n = 9).

## LISTA DE TABELAS

**Tabela 1:** Parâmetros anatômicos das espécies *Rioraja agassizii*, *Sympterygia acuta*, *S. bonapartii*. Os valores são a média  $\pm$  DP.

**Tabela 2:** Diferenças dos parâmetros anatômicos entre sexos das espécies *Rioraja agassizii*, *Sympterygia acuta*, *S. bonapartii*. Valores em vermelho representam diferenças significativas.

**Tabela 3:** Diferenças dos parâmetros fisiológicos entre sexos das espécies *Rioraja agassizii*, *Sympterygia acuta*, *S. bonapartii*.

**Tabela 4:** Valores (média  $\pm$  DP) das concentrações dos marcadores de estresse e de mobilização energética das espécies *Rioraja agassizii*, *Sympterygia acuta*, *Sympterygia bonapartii*.

## **LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS**

FAO Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura

IUCN International Union for Conservation of Nature

MMA Ministério do Meio Ambiente

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>15</b>
<b>2. OBJETIVOS</b>	<b>20</b>
2.1. Objetivo geral	20
2.2. Objetivos específicos	20
<b>3. METODOLOGIA</b>	<b>20</b>
3.1. Área de estudo	20
3.2. Obtenção dos dados	21
3.3. Análise laboratorial	23
3.4. Análise estatística	23
<b>4. RESULTADOS</b>	<b>24</b>
4.1. Parâmetros anatômicos	24
4.2. Comparação dos parâmetros fisiológicos entre os sexos	25
4.3. Concentrações dos marcadores de estresse e de mobilização energética das espécies	26
4.4. Comparação dos marcadores de estresse e de mobilização energética entre as espécies	27
4.5. Correlação entre os marcadores de estresse e de mobilização energética	28
<b>5. DISCUSSÃO</b>	<b>31</b>
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>33</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>34</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Globalmente, os elasmobrânquios são capturados pelas pescas artesanais e industriais por sua carne, nadadeiras e outros subprodutos (Stevens *et al.*, 2000) e também pela pesca recreativa. Mas a principal ameaça desse grupo é a captura incidental por pescas direcionadas a outras espécies mais valorizadas (Dulvy *et al.*, 2021). Captura incidental, ou *bycatch*, é um dos desafios da pesca sustentável e refere-se à captura de espécies não alvo por meio de técnicas pesqueiras não seletivas (Crowder e Murawski, 1998; Davies *et al.*, 2009). Outra definição considera como a parte da captura que é descartada morta ou moribunda (Hall, 1996). A razão pela qual se descartam algumas espécies é devido ao baixo valor comercial, excesso de dano físico, liberar espaço para indivíduos mais valorizados, ou porque sua retenção é proibida por lei (Bellido *et al.*, 2011).

É evidente o impacto do *bycatch* com diferentes aparatos pesqueiros, métodos de pesca e regiões; sua composição e magnitude também são afetadas pela seletividade e outras características dos petrechos pesqueiros e do esforço de captura (Hall, 1996). Redes de emalhe e pescas de arrasto capturam qualquer organismo que não passa pela malha e são geralmente associadas a uma elevada taxa de captura incidental (Alverson *et al.*, 1994). Independente do equipamento de pesca, os peixes capturados são expostos a diferentes níveis de estresse, que envolvem impactos cumulativos físicos e fisiológicos (Skomal, 2007). Além disso, o manuseio desses peixes à medida que são descartados pode provocar ainda mais lesões físicas e traumas fisiológicos (Chopin e Arimoto, 1995; Davis, 2002). Os efeitos podem variar entre espécies, sexo, tamanho e temporada (em função das diferenças na temperatura da água e ar) (Davis, 2002; Moyes *et al.*, 2006; Hoffmayer *et al.*, 2012; Benoît *et al.*, 2013). Tais impactos comprometem a chance de sobrevivência pós soltura, reduzindo a eficiência de práticas compensatórias como a soltura imediata, atual medida de redução de impactos por captura incidental (FAO, 2011). O estresse de captura pode causar morte ou mudanças de comportamento, crescimento e funções imunológicas (Van Rijn *et al.*,

2010; Renshaw *et al.*, 2012) e a magnitude do estresse sofrido deve ser quantificado a fim de prever consequências letais e não letais da captura.

Pelo ponto de vista ecológico, os elasmobrânquios são do tipo K estrategistas, ou seja, apresentam crescimento lento, maturidade sexual tardia e possuem ciclos reprodutivos longos (Conrath e Musick, 2012). Por conta dessas características biológicas, o grupo se torna suscetível ao declínio populacional (Compagno *et al.*, 2005) e é incapaz de se reproduzir rápido o suficiente para compensar a pressão pesqueira e outros impactos antropológicos (Gallucci *et al.*, 2006). Devido ao baixo potencial de recuperação populacional dos elasmobrânquios (Smith *et al.*, 1998; García *et al.*, 2008), pode-se levar décadas para se determinar quais medidas de manejo seriam eficazes.

A “raia-santa”, *Rioraja agassizii*, é uma raia endêmica do sudoeste Atlântico e a única espécie conhecida do gênero *Rioraja*. Distribuída entre o Rio de Janeiro, Brasil, ao norte da Patagônia, Argentina (Figueiredo, 1977; Menni e López, 1984). É uma espécie de região costeira encontrada nas zonas de profundidade de 10 a 90 metros e em águas de temperatura entre 6 a 10,5°C (Menni e López, 1984). Atinge maturidade sexual com comprimento total entre 32 e 50 cm (Oddone *et al.*, 2007). Encontra-se listada como “Vulnerável” segundo a Lista Vermelha da União Internacional para a Conservação da Natureza (Pollom *et al.*, 2022) e, segundo a Lista Vermelha publicada pelo ICMBio, está classificada como “Vulnerável” (Ministério do Meio Ambiente, 2022). Apesar de não ser o alvo da pesca, na região entre 34° S e 42° S do sudoeste Atlântico a *R. agassizii* é uma das raias mais capturadas incidentalmente (Massa *et al.* 2004) por navios pesqueiros de arrasto (Menni e Stehmann, 2000).

**Figura 1:** *Rioraja agassizii*.



Fonte: Pescaria S/A.

A “raia-emplastro”, *Sympterygia acuta*, é encontrada em águas costeiras de profundidade até 50 metros, distribuída do Rio de Janeiro, Brasil (Monteiro-Neto *et al.*, 2008), ao Golfo de *San Jorge*, Argentina (Bovcon *et al.* 2011). De acordo com Basallo e Oddone (2014), tem-se que os tamanhos mínimos de comprimento total de um indivíduo adulto macho e fêmea são 47 e 49 cm, respectivamente. Classificada como “Críticamente Em Perigo” segundo a União Internacional para a Conservação da Natureza (Pollom *et al.* 2022) e, segundo a Lista Vermelha publicada pelo ICMBio, como “Em Perigo” (Ministério do Meio Ambiente, 2022). A espécie é capturada abundantemente pela pesca de arrasto de fundo ao longo de sua distribuição geográfica (Pollom *et al.* 2022).

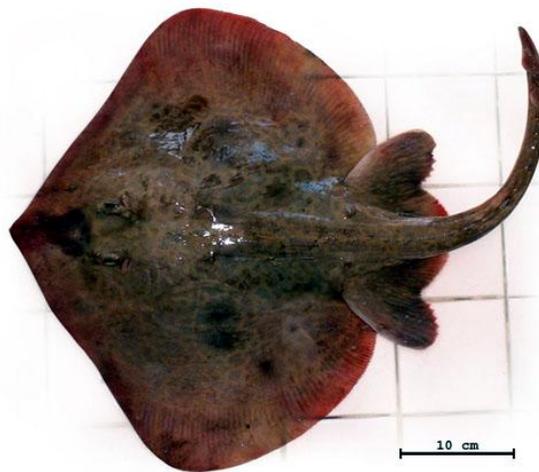
**Figura 2:** *Sympterygia acuta*.



Fonte: Fishbase.

A “raia-emplastro-amarelo”, *Sympterygia bonapartii*, encontra-se distribuída do Rio Grande do Sul, Brasil, ao sul da Argentina (Figueiredo, 1977). É considerada uma espécie de zona costeira e plataforma intermediária (Cousseau e Perrotta, 2000), presente até uma profundidade de 150 metros (Paesch *et al.*, 1995). Atinge maturidade sexual com comprimento total igual a 58 cm (Basallo e Oddone, 2014). Atualmente classificada como “Quase Ameaçada” segundo a União Internacional para a Conservação da Natureza (Pollom *et al.* 2022); segundo a Lista Vermelha publicada pelo ICMBio, está classificada como “Em Perigo” (Ministério do Meio Ambiente, 2022). A espécie é capturada por pescadores artesanais e industriais que praticam arrasto de fundo (Pollom *et al.* 2022).

**Figura 3:** *Sympterygia bonapartii*.



Fonte: Fishbase.

Todas as espécies deste estudo são proibidas de serem capturadas e comercializadas segundo a Portaria nº 148 (MMA, 2022). Contudo, as raias emplastro são capturadas incidentalmente pelos pescadores artesanais que utilizam redes de emalhe de 18 e 20 cm do tipo ancoradas com alvo no linguado (*Paralichthys* spp). As redes são armadas ao fundo e permanecem ao longo da noite, então os pescadores voltam na manhã seguinte para retirar os peixes capturados (Bastos e Petrere, 2010). Portanto, estratégias de soltura pós captura podem não ser eficazes para este método de pesca na região deste estudo, visto que os

pescadores não estão presentes no exato momento da captura e todos animais foram retirados da rede sem vida, como observado em campo.

Em elasmobrânquios, o uso de parâmetros primários de estresse apresentam dificuldades pois o grupo não sintetiza e expressa cortisol (Skomal e Bernal 2010; Anderson 2012), mas sintetiza um hormônio identificado por 1- $\alpha$  hidroxicorticosterona (Idler e Truscott, 1966) que não possui técnica de medição comercialmente disponível. Distúrbios fisiológicos dos elasmobrânquios podem ser respostas secundárias tais como alteração das concentrações de glicose, desequilíbrio osmótico (Brooks *et al.*, 2011; Hoffmayer *et al.*, 2012; Hoffmayer e Parsons, 2001; Kneebone *et al.*, 2013), acúmulo de lactato nos músculos lisos e conseqüentemente no sangue, queda do pH sanguíneo (Beggs *et al.*, 1980; Jensen *et al.*, 1983; Milligan and Wood, 1986; Robertson *et al.*, 1988; Thomas and Robertson, 1991; Tufts *et al.*, 1991; Arthur *et al.*, 1992; Ferguson and Tufts, 1992). Alterações em parâmetros sanguíneos secundários de estresse como lactato e fósforo ( $P^{3+}$ ) indicam disrupção homeostática e têm sido utilizados para avaliar respostas alostáticas em elasmobrânquios (Wosnick *et al.*, 2017; 2019). A concentração de lactato é o marcador fisiológico mais informativo na avaliação de estresse em elasmobrânquios (Cicia *et al.*, 2012; Lambert *et al.*, 2018), visto que o seu aumento geralmente ocorre após eventos de captura e exposição ao ar (*e.g.* Hoffmayer *et al.* 2012, Lambert *et al.* 2018). Dentre os possíveis efeitos indicados pelos valores elevados de fósforo estão a ruptura de membranas celulares e redução da função renal. O aumento das concentrações de fósforo é resultado do aumento da concentração de lactato e é observado em situações de estresse (Wosnick *et al.*, 2016; Leite, 2022). A eficácia do fósforo ( $P^{3+}$ ) como biomarcador de estresse foi demonstrado por Wosnick *et al.*, (2016); Leite, (2022). A avaliação de marcadores de mobilização energética como colesterol e triglicerídeos podem informar a respeito do preparo do animal em lidar com situações de estresse. O colesterol é uma molécula carreadora de combustível energético e está presente na membrana celular. O triglicerídeo é um metabólito liberado pelo fígado em situações de estresse e utilizado como combustível para luta ou fuga (Wosnick *et al.*, 2022). A integração de mecanismos fisiológicos em estudos ecológicos pode aumentar a compreensão de fenômenos ecológicos e, por fim, contribuir com o desenvolvimento de estratégias de conservação (Lyons *et al.*, 2019). Entretanto, obter

valores basais em animais livres de estresse é uma tarefa extremamente difícil, pois a tentativa de coletar sangue de uma raia é suficiente para estressar o animal (Wosnick *et al.*, 2017). Sendo assim, este trabalho busca fornecer dados *post-mortem* dos parâmetros fisiológicos sobre as espécies *R. agassizii*, *S. acuta*, *S. bonapartii* para servir como valores de referência de condições extremas e alarmantes.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo geral avaliar as variações dos parâmetros fisiológicos indicadores de estresse entre as raias emplastro mais capturadas em Florianópolis, *Rioraja agassizii*, *Sympterygia acuta*, *Sympterygia bonapartii*.

### 2.2. Objetivos específicos

Para atingir o objetivo geral, foram traçados os seguintes objetivos específicos:

- I. Avaliar e comparar parâmetros fisiológicos indicadores de estresse de captura (lactato e fósforo) por espécie;
- II. Avaliar e comparar parâmetros fisiológicos indicadores de estresse de captura por sexo;
- III. Avaliar e comparar parâmetros fisiológicos indicadores de mobilização energética (colesterol e triglicerídeos) por espécie;
- IV. Avaliar e comparar parâmetros fisiológicos indicadores de mobilização energética por sexo.

## 3. METODOLOGIA

### 3.1. Área de estudo

O presente estudo foi realizado na ilha de Santa Catarina (Figura 4), situada entre as latitudes 27° 22'S e 27° 50' S e longitudes 48° 21'O e 48° 34'O, com extensão de 54 km no sentido norte-sul e 18 km no sentido leste-oeste. As características morfológicas favorecem o

assentamento de núcleos de pesca (Lago, 1961). As amostragens foram realizadas nas praias dos Ingleses e no Pântano do Sul com a colaboração de pescadores artesanais locais.

**Figura 4:** Localização da área de estudo, Ilha de Santa Catarina.



Fonte: O autor.

### 3.2. Obtenção dos dados

As amostragens foram realizadas no período de janeiro/2022 a março/2022. Todos os indivíduos foram obtidos pela captura incidental de pescadores artesanais utilizando redes de emalhe. Todas as raias capturadas estavam mortas e foram amostradas imediatamente ao desembarque. As redes ficaram por 12 horas e não foi possível confirmar quanto tempo os animais estiveram presos e em que momento morreram. Entretanto, foram amostradas apenas raias falecidos recentemente (pontuação 1 para todas as categorias), utilizando-se um índice

de frescor, considerando as seguintes variáveis: cor geral das guelras (1 para coloração avermelhada e 0 para coloração rósea ou esbranquiçada), nível de retração ocular (1 para não retraída e brilhante e 0 para retraída e opaco), coagulação do sangue (1 para não coagulado e 0 para parcialmente ou totalmente coagulado) e *rigor-mortis* (1 para ausência completa e 0 para presença parcial ou completa) (Wosnick et al., 2022). Foram retiradas amostras de sangue (0,5 mL) via punção intracardíaca utilizando seringas equipadas com agulhas 26,5 G e armazenadas em caixas de isopor contendo gelo laboratorial (Figura 5).

**Figura 5:** Coleta de sangue via punção intracardíaca em *S. acuta*.



Foto: Liliam Lemos

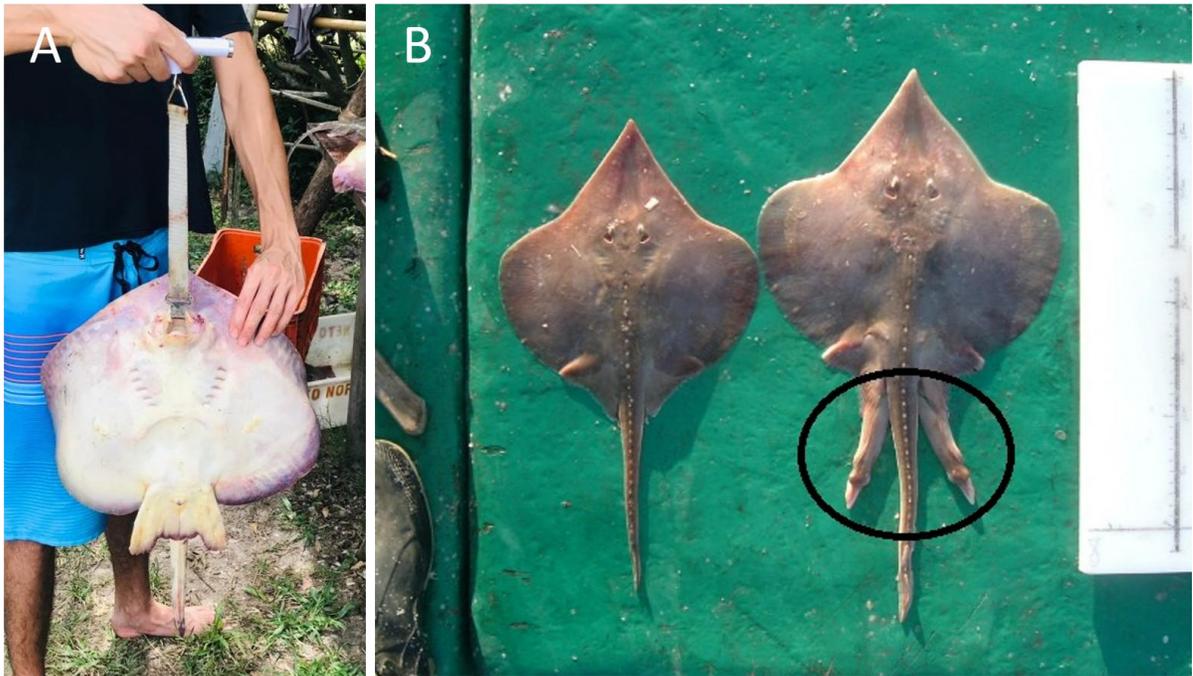
Em seguida, foi realizada a medição do comprimento total (CT) e largura do disco (LD) utilizando uma fita métrica (Figura 6); pesagem em uma balança de precisão portátil (Figura 7A) e determinação do sexo via observação do cláster (Figura 7B).

**Figura 6:** Medição do comprimento total (esquerda) e largura do disco (direita) em *S. bonapartii*.



Foto: Liliam Lemos.

**Figura 7:** (A) Pesagem com balança de precisão portátil da *S. bonapartii*. (B) Determinação do sexo da *S. acuta*. Clássper em destaque.



(A) Foto: Liliam Lemos. (B) Fonte: FishBase.

### 3.3. Análise laboratorial

As amostras de sangue foram centrifugadas por 6 minutos a 2000 rpm em temperatura ambiente (23°C). O soro obtido foi separado e congelado a -20°C para ser analisado posteriormente em Curitiba, Paraná. As concentrações de fósforo ( $P^{3+}$ ) ( $\lambda = 340$  nm), lactato ( $\lambda = 550$  nm), triglicerídeos ( $\lambda = 505$  nm) e colesterol total ( $\lambda = 500$  nm) foram quantificadas via colorimetria (Ultrospec 2100 PRO; Amersham Pharmacia Biotech, Suécia), utilizando kits comerciais Labtest (Lagoa Santa, Minas Gerais, Brasil) sem diluição.

### 3.4. Análise estatística

Buscando testar se houve diferença nas respostas fisiológicas (lactato,  $P^{3+}$ , triglicerídeos e colesterol total sorológicos) entre os sexos de cada espécie e entre os parâmetros anatômicos (CT, LD, peso), foi realizado separadamente para cada espécie um teste-*t* de *Student*, ou teste de Wilcoxon. De forma a verificar diferenças fisiológicas entre as espécies, foi realizada uma Análise de Variância (ANOVA) seguido de teste de Tukey ou teste de Kruskal-Wallis seguido de teste de Nemenyi. Por fim, para verificar se existiram correlações entre os parâmetros fisiológicos analisados, correlações de Pearson ou Spearman foram realizadas. As premissas de normalidade (teste de Shapiro-Wilk) e homogeneidade (teste *F*) dos dados foram avaliadas. Todas análises estatísticas foram realizadas utilizando o ambiente R com nível de significância  $p < 0,05$  (R Development Core Team, 2021).

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Parâmetros anatômicos

Os resultados das medidas de comprimento total (CT), largura de disco (LD) e peso estão representados abaixo (Tabela 1). Os valores mínimos de comprimento total da *R. agassizii* registrados para macho e fêmea foram 43 e 47 cm, respectivamente. Tais valores indicam que todos animais capturados eram adultos. Dentre as amostras da *S. acuta* foi observado a captura de um único indivíduo juvenil macho (CT = 44 cm). Todas as fêmeas

eram adultas, com o menor valor observado de CT = 50 cm. Com relação a *S. bonapartii*, os parâmetros anatômicos obtidos indicam que três machos e duas fêmeas eram juvenis.

**Tabela 1:** Parâmetros anatômicos das espécies *Rioraja agassizii*, *Sympterygia acuta*, *S. bonapartii*. Os valores são a média  $\pm$  DP.

Espécie	<i>n</i>	CT (cm)	LD (cm)	Peso (kg)
<i>Rioraja agassizii</i>	11	48,5 $\pm$ 3,6	32,3 $\pm$ 2,9	0,6 $\pm$ 0,1
Macho	5	45,8 $\pm$ 2,6	29,5 $\pm$ 1,5	0,5 $\pm$ 0,1
Fêmea	6	50,7 $\pm$ 2,7	34,6 $\pm$ 1,2	0,8 $\pm$ 0,1
<i>Sympterygia acuta</i>	11	52,0 $\pm$ 3,6	28,6 $\pm$ 1,6	0,7 $\pm$ 0,1
Macho	5	49,8 $\pm$ 3,5	27,9 $\pm$ 1,7	0,6 $\pm$ 0,1
Fêmea	6	53,9 $\pm$ 2,7	29,2 $\pm$ 1,5	0,8 $\pm$ 0,1
<i>Sympterygia bonapartii</i>	9	56,6 $\pm$ 8,9	37,9 $\pm$ 6,2	1,2 $\pm$ 0,5
Macho	5	56,4 $\pm$ 8,0	37,7 $\pm$ 5,0	1,2 $\pm$ 0,5
Fêmea	4	57,0 $\pm$ 11,3	38,1 $\pm$ 8,4	1,1 $\pm$ 0,7

Fonte: O autor.

O resultado do teste-*t* de *Student* entre os parâmetros anatômicos e os sexos das espécies está representado abaixo (Tabela 2). Apenas *R. agassizii* apresentou diferenças significativas, indicando dimorfismo sexual com fêmeas adultas maiores que os machos, como demonstrado por Estalles *et al.* (2009).

**Tabela 2:** Diferenças dos parâmetros anatômicos entre sexos das espécies *Rioraja agassizii*, *Sympterygia acuta*, *S. bonapartii*. Valores em vermelho representam diferenças significativas.

<i>R.agassizii</i>	<i>S.acuta</i>	<i>S.bonapartii</i>
CT	CT	CT
Teste- <i>t</i>	Teste- <i>t</i>	Teste- <i>t</i>
t = 3,098, df = 9, p < 0,05	t = 2,187, df = 9, p = 0.057	t = 0.0933, df = 7, p = 0.928
LD	LD	LD
Teste- <i>t</i>	Teste- <i>t</i>	Teste- <i>t</i>

t = 6,161, df = 9, <b>p &lt; 0,001</b>	t = 1,308, df = 9, p = 0.223	t = 0,0954, df = 7, p = 0.927
<b>Peso</b>	<b>Peso</b>	<b>Peso</b>
<b>Teste-t</b>	<b>Teste-t</b>	<b>Teste-t</b>
t = 7,936, df = 9, <b>p &lt; 0,001</b>	t = 1,811, df = 9, p = 0.104	t = -0,174, df = 7, p = 0.867

Fonte: O autor.

#### 4.2. Comparação dos parâmetros fisiológicos entre os sexos

A comparação das concentrações dos parâmetros fisiológicos entre os sexos para cada espécie indicou que não existem diferenças significativas (teste-t de *Student* ou Wilcoxon) e estão representados abaixo (Tabela 3).

**Tabela 3:** Diferenças dos parâmetros fisiológicos entre sexos das espécies *Rioraja agassizii*, *Sympterygia acuta*, *S. bonapartii*.

<i>R.agassizii</i>	<i>S.acuta</i>	<i>S.bonapartii</i>
<b>Lactato</b>	<b>Lactato</b>	<b>Lactato</b>
<b>Teste-t</b>	<b>Teste-t</b>	<b>Teste-t</b>
t = -2.1788, df = 9, p = 0.0573	t = -1.4179, df = 9, p = 0.1899	t = 1.6868, df = 7, p = 0.1355
<b>Fósforo</b>	<b>Fósforo</b>	<b>Fósforo</b>
<b>Teste-t</b>	<b>Teste-t</b>	<b>Teste-t</b>
t = 0.66512, df = 9, p = 0.5227	t = -0.3206, df = 9, p = 0.7558	t = 0.2775, df = 7, p = 0.7894
<b>Triglicerídeos</b>	<b>Triglicerídeos</b>	<b>Triglicerídeos</b>
<b>Teste-t</b>	<b>Teste-t</b>	<b>Teste-t</b>
t = -1.1512, df = 9, p = 0.2793	t = -0.7774, df = 9, p = 0.4568	t = 1.1026, df = 7, p = 0.3067
<b>Colesterol</b>	<b>Colesterol</b>	<b>Colesterol</b>
<b>Teste-t</b>	<b>Wilcoxon</b>	<b>Wilcoxon</b>
t = -0.0927, df = 9, p = 0.9281	W = 10, p = 0.4286	W = 12, p = 0.7302

Fonte: O autor.

### 4.3. Concentrações dos marcadores de estresse e de mobilização energética das espécies

Para a *R. agassizii*, as concentrações de lactato variaram de 74,4 a 113,4 mmol/L, as concentrações de fósforo de 4,5 a 6,5 mmol/L, as concentrações de triglicerídeos de 69,3 a 175,6 mg/dL, as concentrações de colesterol total de 63,6 a 181,8 mg/dL.

Para a *S. acuta*, as concentrações de lactato variaram de 78,9 a 119,6 mmol/L, as concentrações de fósforo de 5,4 a 6,6 mmol/L, as concentrações de triglicerídeos de 61,5 a 370,7 mg/dL, as concentrações de colesterol total de 56,1 a 551,5 mg/dL.

Para a *S. bonapartii* as concentrações de lactato variaram de 49,8 a 97,9 mmol/L, as concentrações de fósforo de 4,9 a 6,7 mmol/L, as concentrações de triglicerídeos de 69,3 a 315,1 mg/dL, as concentrações de colesterol total de 72,3 a 327,3 mg/dL. Todos os valores médios estão representados na tabela abaixo (Tabela 4).

**Tabela 4:** Valores (média  $\pm$  DP) das concentrações dos marcadores de estresse e de mobilização energética das espécies *Rioraja agassizii*, *Sympterygia acuta*, *Sympterygia bonapartii*.

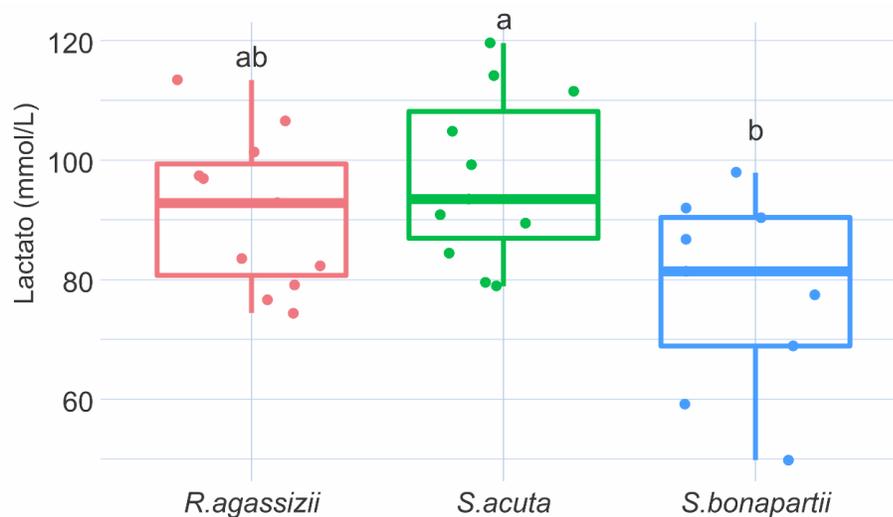
Espécie	<i>n</i>	Lactato	Fósforo	Triglicerídeos	Colesterol
<i>R. agassizii</i>	11	91,3 $\pm$ 12,9	5,5 $\pm$ 0,6	111,3 $\pm$ 29,9	100,2 $\pm$ 38,6
<i>S. acuta</i>	11	96,9 $\pm$ 14,1	6,0 $\pm$ 0,4	182,3 $\pm$ 94,4	193,3 $\pm$ 130,7
<i>S. bonapartii</i>	9	78,2 $\pm$ 16,0	5,8 $\pm$ 0,5	151,3 $\pm$ 77,3	151,4 $\pm$ 94,1

Fonte: O autor.

### 4.4. Comparação dos marcadores de estresse e de mobilização energética entre as espécies

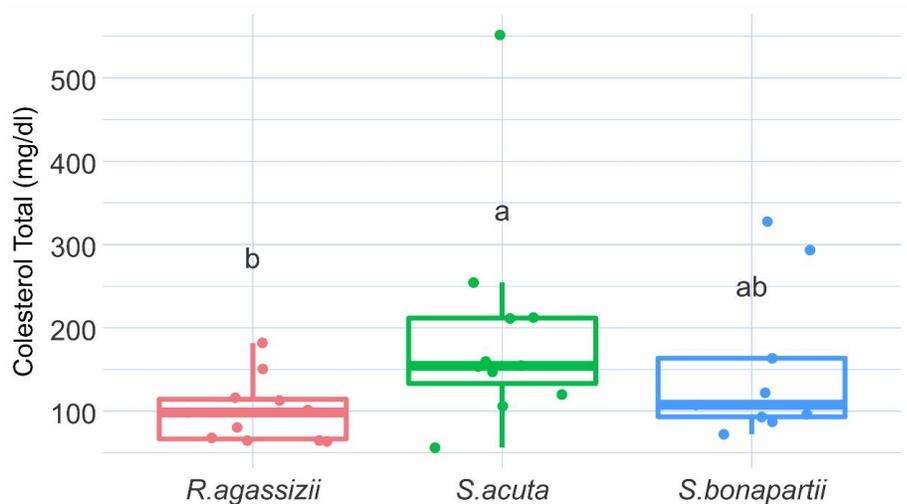
Ao comparar as concentrações de cada marcador fisiológico entre as espécies, foram encontradas diferenças significativas nas concentrações de lactato (ANOVA,  $P < 0,05$ ;  $F = 0,39$ ;  $df = 2$ ; Figura 8) e colesterol total (Kruskal-Wallis,  $P < 0,05$ ;  $H = 6,44$ ;  $df = 2$ ; Figura 9). Mais especificamente, as concentrações de lactato foram mais altas em *S. acuta* quando comparadas as concentrações das outras espécies. Os níveis circulantes mais baixos foram observados em *S. bonapartii*. Em relação ao colesterol total, as concentrações mais elevadas também foram observadas em *S. acuta*, ao passo que as concentrações mais baixas foram observadas em *R. agassizii*.

**Figura 8:** Concentrações de lactato nas espécies *Rioraja agassizii* (n = 11), *Sympterygia acuta* (n = 11), *S. bonapartii* (n = 9). Diferenças estatísticas estão representadas por diferentes letras minúsculas acima dos *boxplots*.



Fonte: Renata Leite.

**Figura 9:** Concentrações de colesterol total nas espécies *Rioraja agassizii* (n = 11), *Sympterygia acuta* (n = 11), *S. bonapartii* (n = 9). Diferenças estatísticas estão representadas por diferentes letras minúsculas acima dos *boxplots*.

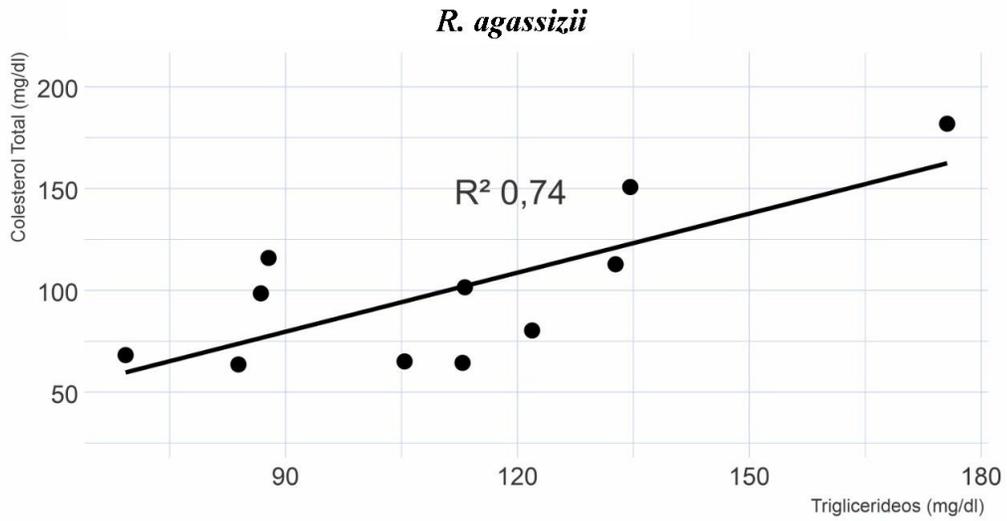


Fonte: Renata Leite.

#### 4.5. Correlação entre os marcadores de estresse e de mobilização energética

Uma correlação positiva entre os marcadores de mobilização energética triglicerídeos e colesterol total foi encontrada para a espécie *R. agassizii* (Pearson,  $P < 0,01$ ;  $R^2 = 0,74$ ; Figura 10).

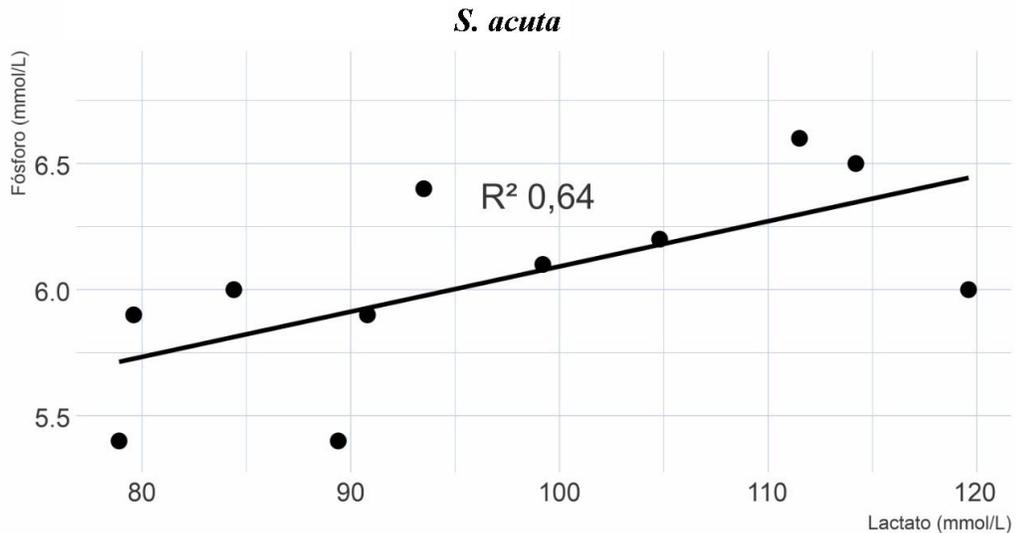
**Figura 10:** Correlação entre triglicérides e colesterol total da *Rioraja agassizii* ( $n = 11$ ).



Fonte: Renata Leite.

Para a espécie *S. acuta*, foi encontrada uma correlação positiva entre os marcadores de estresse lactato e fósforo (Pearson,  $P = 0,03$ ;  $R^2 = 0,64$ ; Figura 11).

**Figura 11:** Correlação entre lactato e fósforo da *Sympterygia acuta* ( $n = 11$ ).

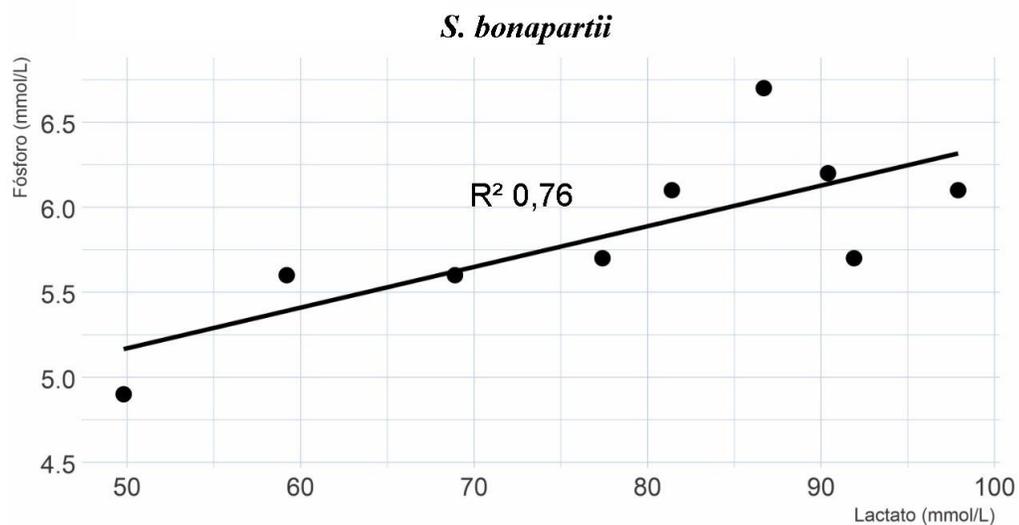


Fonte: Renata Leite.

Duas correlações positivas foram observadas em *S. bonapartii*, entre os marcadores de estresse lactato e fósforo (Pearson,  $P = 0,01$ ;  $R^2 = 0,76$ ; Figura 12) e entre os marcadores

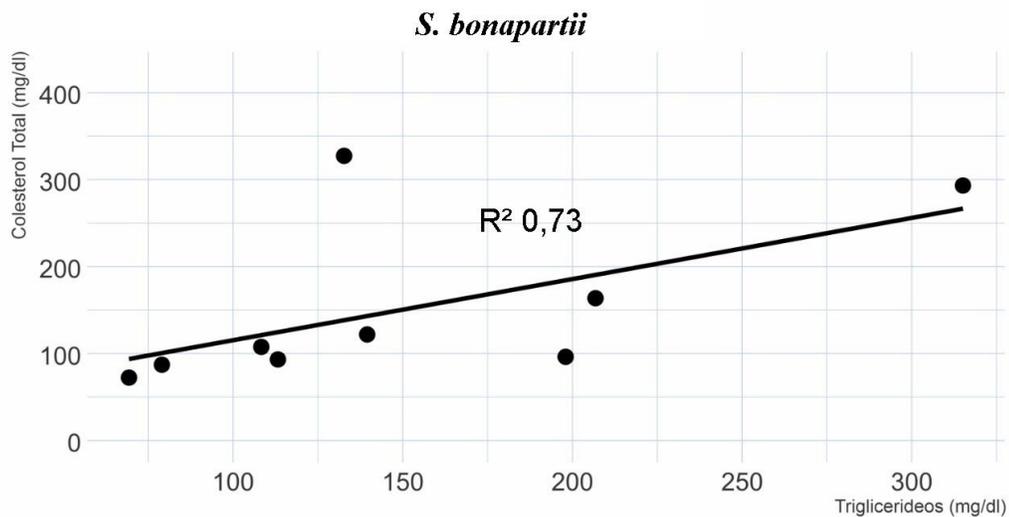
de mobilização energética triglicerídeos e colesterol total (Pearson,  $P = 0,03$ ;  $R^2 = 0,73$ ; Figura 13).

**Figura 12:** Correlação entre lactato e fósforo da *Sympterygia bonapartii* ( $n = 9$ ).



Fonte: Renata Leite.

**Figura 13:** Correlação entre triglicerídeos e colesterol total da *Sympterygia bonapartii* ( $n = 9$ ).



Fonte: Renata Leite.

## 5. DISCUSSÃO

Os resultados demonstraram que *R. agassizii* apresentou valores elevados de lactato sem correlação com o fósforo, o que pode sugerir a morte do indivíduo antes de desencadear outras respostas alostáticas. Os menores valores de colesterol representam o menor estoque energético entre as espécies estudadas e estão correlacionados positivamente com o triglicerídeos, o que sugere seu uso para transporte celular (Prado *et al.*, 2022). A comparação entre os parâmetros anatômicos e o sexo apresentou diferença significativa, que pode ser resultado do bimatutismo da espécie, com fêmeas atingindo tamanhos maiores por conta da necessidade de carregar os filhotes (Oddone *et al.*, 2007), mas não foi possível inferir que exista diferença referente ao estresse entre os sexos.

Para a espécie *S. acuta* seus resultados apresentaram as maiores concentrações de lactato, correlacionadas positivamente com o fósforo, que sugere ruptura de membrana provocada por acidose láctica causada por exercício intenso (Wosnick *et al.*, 2017a, 2018; Leite, 2022). E também os maiores valores de colesterol total, sem correlação com triglicerídeos, que novamente sugere ruptura de membranas (Wosnick *et al.*, 2021). Logo, é possível que a morte do indivíduo tenha ocorrido após tentativa de fuga. Visto que todas as espécies são de adultos e seus parâmetros anatômicos não apresentaram diferenças significativas entre os sexos, não foi possível afirmar se há diferentes respostas ao estresse entre os sexos, como observado na *Zaptryx brevirostris* por Prado *et al.*, (2022).

Por fim, *S. bonapartii* apresentou lactato com correlação positiva com o fósforo, em conformidade com a ruptura de membranas celulares causadas pelo aumento do lactato (Wosnick *et al.*, 2017a, 2018; Leite, 2022). Entretanto, como a maioria dos animais amostrados eram juvenis, os valores absolutos obtidos podem diferir de animais adultos. Dentre as três espécies, apresentou as menores concentrações de lactato, o que pode sugerir menor nível letal por se tratar de espécimes mais jovens. Os valores elevados de colesterol estão correlacionados positivamente com os triglicerídeos, que sugere melhor aptidão para lidar com situações de estresse (Prado *et al.*, 2022) ou pode ter sido causado por alimentação recente. Seus parâmetros anatômicos não apresentaram diferenças significativas entre os sexos, logo, não foi possível inferir relações entre as respostas ao estresse e o sexo.

Para avaliar qual espécie é a mais vulnerável à captura, foi proposto uma escala de vulnerabilidade baseada nos valores de lactato obtidos. Sendo assim, a *S. acuta*, com o maior valor máximo e maior média dentre as três espécies, foi avaliada como a mais sensível ao estresse de captura. A *S. bonapartii*, com o menor valor máximo e menor média dentre as três espécies, foi avaliada como a mais resistente. Entretanto, visto que todos os animais estavam mortos e *R. agassizii*, *S. acuta*, *S. bonapartii* são espécies capturadas incidentalmente em pescas destinadas ao linguado e estão ameaçadas de extinção, se faz necessário a implementação de planos de manejo adequados. São apresentadas três maneiras preventivas como sugestão: Primeiro, a cooperação da comunidade científica em parceria com as comunidades de pescadores locais, buscando aumentar o conhecimento sobre as espécies que são capturadas e então desenvolver em conjunto medidas apropriadas de manejo, pois é uma estratégia eficiente de conservação já comprovada (Giaretta *et al.*, 2021) e, como exemplo o presente estudo, a ajuda dos pescadores artesanais foi primordial para este trabalho. Os animais fornecidos foram capturados incidentalmente pelos pescadores e seriam descartados. Sem a contribuição da comunidade local não haveriam amostras. Vale ressaltar que nenhum animal foi maltratado nem caçado para fins de análise. Segundo, restringir locais críticos para a reprodução dessas espécies (e.g. zonas de berçário). E terceiro, estabelecer temporada de defeso em conformidade com o período reprodutivo dessas espécies.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados do presente estudo indicam que há diferença espécie-específica na resposta ao estresse de captura, e futuros planos de manejo devem considerar a maior fragilidade de *S. acuta*. Os dados *post-mortem* deste trabalho podem servir como valores de referência que indicam condições extremas desses animais. Estudos futuros com uma abordagem comparativa devem ser realizados, analisando o estresse de captura em indivíduos vivos das três espécies, visando gerar dados mais robustos que possam ser aplicados para o manejo e conservação destas espécies endêmicas e ameaçadas de extinção.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alverson D, Freeberg M, Pope JG, Murawski SA (1994). **A global assessment of fisheries bycatch and discards**. FAO fishery technical paper 339; 1–233.

Arthur, P.G., West, T.G., Brill, R.W., Schulte, P.M., Hochachka, P.W. (1992). **Recovery metabolism of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) white muscle: rapid and parallel changes in lactate and phosphocreatine after exercise**. Can. J. Zool. 70, 1230–1239.

Bastos, G. C., & Petreire Jr, M. (2010). **Small-scale marine fisheries in the municipal district of Florianópolis, Santa Catarina, Brazil**. Brazilian Journal of Biology, 70, 947-953.

Bellido JM, Santos B, Pennino G, Valeiras X, Pierce G. (2011). **Fishery discards and bycatch: solutions for an ecosystem approach to fisheries management**. Hydrobiologia;670:317–33.

Benoît, H. P., Plante, S., Kroiz, M. & Hurlbut, T. (2013). **A comparative analysis of marine fish species susceptibilities to discard mortality: effects of environmental factors, individual traits and phylogeny**. ICES Journal of Marine Science 70, 99–113.

Bonfil R (1994). **Overview of world elasmobranch fisheries**. FAO Fisheries technical paper no. 341. FAO, Rome, 119 pp.

Braccini M, McAuley R, Rowland F. (2013). **Temperate demersal gillnet and demersal longline fisheries status report**. pp. 271–284. In: W.J. Fletcher and K. Santoro, editors. Status reports of the fisheries and aquatic resources of Western Australia 2012/13: The state of fisheries, Department of Fisheries, Western Australia, 371p.

Brewer D, Heales D, Milton D, Dell Q, Fry G, Venables B, Jones P. (2006). **The impact of turtle excluder devices and bycatch reduction devices on diverse tropical marine communities in Australia's northern prawn trawl fishery**. Fish Res 81: 176–188.

Brooks, E.J., Mandelman, J.W., Sloman, K.A., Liss, S., Danylchuk, A.J., Cooke, S.J., Skomal, G.B., Philipp, D.P., Sims, D.W., Suski, C.D. (2012). **The physiological response of the Caribbean reef shark (*Carcharhinus perezii*) to longline capture**. Comp. Biochem. Physiol. A. 162(2), 94-100.

- Burgman, M. (2005). **Risks and Decisions for Conservation and Environmental Management**. Cambridge: Cambridge University Press.
- Chin, A., Kyne, P. M., Walker, T. I. & McAuley, R. B. (2007). **An integrated risk assessment for climate change: analysing the vulnerability of sharks and rays on Australia's Great Barrier Reef**. *Global Change Biology* 16, 1936–1953.
- Chopin, F. S. & Arimoto, T. (1995). **The condition of fish escaping from fishing gears – a review**. *Fisheries Research* 21, 315–327.
- Cicia, A. M., Schlenker, L. S., Sulikowski, J. A. & Mandelman, J. W. (2012). **Seasonal variations in the physiological stress response to discrete bouts of aerial exposure in the little skate, *Leucoraja erinacea***. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 162 (2), 130–138.
- Clarke S, McAllister MK, Milner-Gulland EJ, Kirkwood GP, Michielsens CGJ, Agnew DJ, et al. (2006). **Global estimates of shark catches using trade records from commercial markets**. *Ecol Lett*; 9:1115–26.
- Coelho R, Fernandez-Carvalho J, Lino PG, Santos MN. (2012). **An overview of the hooking mortality of elasmobranchs caught in a swordfish pelagic longline fishery in the Atlantic Ocean**. *Aquat Living Resour*; 25:311–9.
- Colonello, H. J., García, M. L., and Lasta, C. A. (2007). **Reproductive biology of *Rioraja agassizii* from the coastal southwestern Atlantic ecosystem between northern Uruguay (34°S) and northern Argentina (42°S)**. *Environmental Biology of Fishes* 80, 277–284.
- Crowder, L. B. & Murawski, S. A. (1998). **Fisheries by-catch: implications for management**. *Fisheries* 23, 8–17.
- Compagno, L.J.V., Dando, M., Fowler, S. (2005). **A field guide to the sharks of the world**. Harper Collins Publishers Ltd, London.
- Conrath, C.L., Musick, J.A. (2012). **Reproductive biology of elasmobranchs**. In: Carrier JC, Musick JA, Heithaus MR (eds) *Biology of sharks and their relatives*. CRC Press, Boca Raton, p. 291–311.
- Dai XJ, Zheng Y, Jiang RL, Xu LX. (2009). **Shark by-catch observation in ICCAT waters by the Chinese longline observers in 2007**. *Collection volume scientific papers. ICCAT*; 64, 1741–1745.

- Davis, M.W. (2002). **Key principles for understanding fish by-catch discard mortality.** Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 59, 1834–1843.
- Davies, R.W.D., Cripps, S.J., Nickson, A. & Porter, G. (2009). **Defining and estimating global marine fisheries bycatch.** Mar. Policy 33, 661–672.
- Dulvy NK, Baum JK, Clarke S, Compagno LJV, Cortès E, Domingo A, et al. (2008). **You can swim but you can't hide: the global status and conservation of oceanic pelagic sharks and rays.** Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems 18:459–82.
- Di Dario, F., Alves, C. B. M., Boos, H., Frédou, F. L., Lessa, R. P. T., Mincarone, M. M., Pinheiro, M. M. A., Polaz, C. N. M., Reis, R. E., Rocha, L. A., Santana, F. M., Santos, R. A., Santos, S. B., Vianna, M., and Vieira, F. (2015). **A better way forward for Brazil's fisheries.** Science 347(6226), 1079.
- Dulvy, N. K. & Forrest, R. E. (2010). **Life histories, population dynamics and extinction risks in chondrichthyans.** In Sharks and Their Relatives, Vol. II (J. Carrier, J. M. a. M. H., ed.), pp. 639–679. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Dulvy, N. K., Simpfendorfer, C. A., Davidson, L. N., Fordham, S. V., Bräutigam, A., Sant, G., & Welch, D. J. (2017). **Challenges and priorities in shark and ray conservation.** Current Biology, 27 (11), R565–R572.
- Ebert, D. A., Bizzarro, J. J. A. (2007). **Standardized diet compositions and trophic levels of skates (Chondrichthyes: Rajiformes: Rajoidei).** Environmental Biology of Fishes 80, 221–237.
- Estalles, M., Perez Comesaña, J. E., Tamini, L. L., and Chiaramonte, G. E. (2009). **Reproductive biology of the skate, Rioraja agassizii (Müller & Henle 1841), off Puerto Quequén, Argentina.** Journal of Applied Ichthyology 25, 60–65.
- FAO. (2011). **International guidelines on bycatch management and reduction of discards.** Food and agriculture organization of the United Nations (FAO), Rome/Roma, p 73.
- Ferguson, R.A., Tufts, B.L. (1992). **Physiological effects of brief air exposure in exhaustively exercised rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): implications for 'catch and release' fisheries.** Can. J. Fish. Aquat. Sci. 49, 1157–1162.
- Figueiredo, J. L. (1977). **Manual de Peixes Marinhos do Sudeste do Brasil. I- Introdução, Cações, raias e quimeras.** Museu de Zoologia – Universidade de São Paulo, São Paulo.

- Fletcher, W. J. (2005). **The application of qualitative risk assessment methodology to prioritize issues for fisheries management.** ICES Journal of Marine Science 62, 1576–1587.
- Gallagher, A. J., Skubel, R. A., Pethybridge, H. R., & Hammerschlag, N. (2017). **Energy metabolism in mobile, wild-sampled sharks inferred by plasma lipids.** Conservation physiology, 5(1).
- Gallucci, V.F., Taylor, I.G., Erzini, K. (2006). **Conservation and management of exploited shark populations based on reproductive value.** Can J. Fish Aquat Sci 63:931–942.
- Garcia, V. B., Lucifora, L. O. & Myers, R. A. (2008). **The importance of habitat and life history to extinction risk in sharks, skates, rays and chimaeras.** Proceedings of the Royal Society B 275, 83–89.
- Giaretta, E. P., Prado, A. C., Leite, R. D., Padilha, E., dos Santos, I. H., Wosiak, C. D. C. D. L. & Wosnick, N. (2021). **Fishermen's participation in research and conservation of coastal elasmobranchs.** Ocean. Coast. Manag. 199, 105421.
- Gilman E, Clarke S, Brothers N, Alfaro Shigueto J, Mandelman J, Mangel J, Petersen S, Piovano S, Thomson N, Dalzell P. (2008). **Shark interactions in pelagic longline fisheries.** Mar Policy 32: 1–18.
- Godin AC, Carlson JK, Burgener V. (2012). **The effect of circle hooks on shark catchability and at-vessel mortality rates in longline fisheries.** Bull Mar Sci 88: 469–483.
- Hall MA. (1996). **On bycatches.** Rev Fish Biol Fish 6:319–52.
- Hoffmayer, E. R., Hendon, J. M. & Parsons, G. R. (2012). **Seasonal modulation in the secondary stress response of a carcharhinid shark, *Rhizoprionodon terraenovae*.** Comparative Biochemistry and Physiology A 162, 81–87.
- Hoffmayer, E.R., Parsons, G.R. (2001). **The physiological response to capture and handling stress in the Atlantic sharpnose shark, *Rhizoprionodon terraenovae*.** Fish Physiol. Biochem. 25, 277-285.
- Hope, B. K. (2006). **An examination of ecological risk assessment and management practices.** Environment International 32, 983–995.
- Idler, D.R., Truscott, B., (1966). **1 $\alpha$ -Hydroxycorticosterone from cartilaginous fish: a new adrenal steroid in blood.** J. Fisher. Res. Bd. Canada 23, 615–619.

União Internacional para Conservação da Natureza – UICN, 2012 [viewed 24 July 2012]. **IUCN Red List of Threatened Species**. Version 2012.1 [online]. Available from: [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)

Jensen, F.B., Nikinmaa, M., Weber, R.E. (1983). **Effects of exercise stress on acid–base balance and respiratory function in blood of the teleost *Tinca tinca***. *Respir. Physiol.* 51, 291–301.

Jerome, J. M., Gallagher, A. J., Cooke, S. J., Hammerschlag, N. (2017). **Integrating reflexes with physiological measures to evaluate coastal shark stress response to capture**. *ICES Journal of Marine Sciences*, 75 (2), 796–804.

Kappel, C. V. (2005). **Losing pieces of the puzzle: threats to marine, estuarine, and diadromous species**. *Frontiers in Ecology and the Environment* 3, 275–282.

Kelleher K. (2005). **Discards in the world's marine fisheries: an update**. FAO technical paper no. 470 pp.

Kneebone, J., Chisholm, J., Bernal, D., Skomal, G. (2013). **The physiological effects of capture stress, recovery, and post-release survivorship of juvenile sand tigers (*Carcharias taurus*) caught on rod and reel**. *Fish. Res.* 147, 103-114.

Lackey, R. T. (1994). **Ecological risk assessment**. *Fisheries* 19, 14–19.

Lambert, F. N., Treberg, J. R., Anderson, W. G., Brandt, C., & Evans, A. N. (2018). **The physiological stress response of the Atlantic stingray (*Hypanus sabinus*) to aerial exposure**. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 219, 38–43.

Lago, P.F.A. (1961). **Contribuição geográfica ao estudo da pesca no litoral de Santa Catarina**. *Revista Brasileira de Geografia*, vol. 1, p. 121-216.

Leite, R. D. (2022). **Morfofisiologia de elasmobrânquios e sua aplicabilidade para os planos de manejo do grupo**. Tese (Doutorado em Zoologia) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba. p. 52-63.

Lewison R, Crowder L, Read A, Freeman S. (2004). **Understanding impacts of fisheries bycatch on marine megafauna**. *Trends Ecol Evol* 19:598–604.

- Lewison, R. L. & Crowder, L. B. (2003). **Estimating fishery by-catch and effects on a vulnerable seabird population.** *Ecological Applications* 13, 743–753.
- Lotze, H. K. & Worm, B. (2009). **Historical baselines for large marine animals.** *Trends in Ecology and Evolution* 24, 254–262.
- Lotze, H. K., Coll, M., Megara, A. M., Ward-Paige, C. A., Airoidi, L. (2011). **Recovery of marine animal populations and ecosystems.** *Trends in Ecology and Evolution* 26, 595–605.
- Lyons, K., Bigman, J. S., Kacey, D., Mull, C. G., Carlisle, A. B., Imhoff, J. L., ... & Bedore, C. N. (2019). **Bridging disciplines to advance elasmobranch conservation: applications of physiological ecology.** *Conservation Physiology*, 7(1), coz011.
- Magera, A. M. (2011). **Marine mammal population recoveries and critical factors.** MSc Thesis, Dalhousie University, Halifax, NS, Canada.
- Mandelman J, Cooper P.W., Werner T.B., Lageaux K. (2008). **Shark bycatch and depredation in the U.S. Atlantic pelagic longline fishery.** *Rev Fish Biol Fish* 18: 427–442.
- Manire, C., Hueter, R., Hull, E., & Spieler, R. (2001). **Serological changes associated with gill-net capture and restraint in three species of sharks.** *Transactions of the American Fisheries Society*, 130(6), 1038-1048.
- Marshall, H., Field, L., Afiadata, A., Sepulveda, C., Skomal, G., & Bernal, D. (2012). **Hematological indicators of stress in longline-captured sharks.** *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 162(2), 121–129.
- Massa A.M. & N.M. Hozbor. (2003b). **Recomendación para la explotación de rayas de la región costera bonaerense para el último trimestre del año 2003.** INIDEP Informe Técnico Interno N° 107.
- Massa A.M., Lucifora L.O., Hozbor N.M. (2004). **Condricthios de la región costera bonaerense y uruguay (Condricthians of Buenos Aires and Uruguayan coast).** In: Boschi EE (ed) *El Mar Argentino y sus recursos pesqueros. Los peces marinos de interés pesquero. Caracterización biológica y evaluación del estado del estado de explotación.* INIDEP Press, Argentina, pp 85–99.
- Massa A.M. & N.M. Hozbor. (2008). **Estimación de abundancia de peces cartilaginosos en el Atlántico Sudoccidental entre 34° y 41° S, a profundidades menores a 50 m. Período 1993-2005.** INIDEP Informe Técnico N° 47.

- Menni, R. C.; López, H. L., (1984). **Distributional patterns of Argentine marine fishes.** *Physis A.* 42, 71–85.
- Menni, R. C., Stehmann, M. F. W. (2000). **Distribution, environment and biology of batoid fishes Argentina, Uruguay and Brazil. A review.** *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales* 2(1), 69–109.
- Milligan, C.L., Wood, C.M. (1986). **Intracellular and extracellular acid–base status and H<sup>+</sup> exchange with the environment after exhaustive exercise in the rainbow trout.** *J. Exp. Biol.* 123, 93–121.
- Molina, J.M., Cooke, S.J. (2012). **Trends in shark bycatch research: current status and research needs.** *Rev Fish Biol Fish* 22: 719–737.
- Motta, N. S., Della-Fina, N., Souza, C. C. A., Rodrigues, E. S., Amorim, A. F. (2016). **Analysis of food habits of skate *Rioraja agassizii* (Elasmobranchii, Rajidae) from southern Brazil.** *Brazilian Journal of Biology* 76(2), 469–475.
- Muto, E. Y., Soares, L. S. H., Goitein, R. (2001). **Food resource utilization of the skates *Rioraja agassizii* (Müller & Henle, 1841) and *Psammobatis extent* (Garman, 1913) on the continental shelf off Ubatuba, South-eastern Brazil.** *Revista Brasileira de Biologia* 61(2), 217–238.
- Moyes, C. D., Fragoso, N., Musyl, M. K. & Brill, R. W. (2006). **Predicting postrelease survival in large pelagic fish.** *Transactions of the American Fisheries Society* 135, 1389–1397.
- Myers, R. A. & Worm, B. (2003). **Rapid worldwide depletion of predatory fish communities.** *Nature* 423, 280–283.
- Oddone, M. C., A. F. Amorim, P. L. Mancini, W. Norbis & G. Velasco. (2007). **The reproductive biology and cycle of *Rioraja agassizii* (Müller and Henle, 1841) (Chondrichthyes, Rajidae), in southeast Brazil, SW Atlantic Ocean.** *Scientia Marina*, 71(3): 593-604.
- Oddone, M. C., Amorim, A. F., Mancini, P. L., and Norbis, W. (2007b). **Size composition, monthly condition factor and morphometrics for fishery- dependent samples of *Rioraja agassizii* (Chondrichthyes: Rajidae), off Santos, Southeast Brazil.** *Neotropical Ichthyology* 5(3), 415–424.

- Oddone, M. C., Capapé, C. (2011). **Annual fecundity assessment for the Rio skate *Rioraja agassizii* (Chondrichthyes: Arhynchobatidae) endemic to a Neotropical area (Southeastern Brazil)**. Brazilian Journal of Oceanography 59(3), 277–279.
- Oddone, M. C., Mesa, A., Amorim, A. F. (2006). **The egg capsule of *Rioraja agassizii* (Müller & Henle) (Elasmobranchii, Rajidae), endemic to the SWAtlantic**. Pan-American Journal of Aquatic Sciences 1(2), 43–48.
- Oliver, S., Braccini, M., Newman, S. J., & Harvey, E. S. (2015). **Global patterns in the bycatch of sharks and rays**. Marine Policy, 54, 86-97.
- Pasquino, A. F., Vaske-Júnior, T., Gadig, O. B. F., Barreiros, J. P. (2011). **Notes on the feeding habits of the skate *Rioraja agassizii* (Chondrichthyes, Rajidae) off southeastern Brazil**. Cybium 35(2), 105–109.
- Pauly, D. (1995). **Anecdotes and the shifting baseline syndrome of fisheries**. Trends in Ecology and Evolution 10, 430.
- Prado, A. C., Wosnick, N., Adams, K., Leite, R. D., & Freire, C. A. (2022). **Capture-induced vulnerability in male Shortnose guitarfish during their reproductive period**. Animal Conservation, 25(2), 233-243.
- Pinheiro, H. T., Di Dario, F., Gerhardinger, L. C., Melo, M. R. S., Moura, R. L., Reis, R. E., Vieira, F., Zuanon, J., and Rocha, L. A. (2015). **Brazilian aquatic biodiversity in peril**. Science 350(6264), 1043–1044.
- Pollom, R., Barreto, R., Charvet, P., Cuevas, J.M., Faria, V., Herman, K., Marcante, F., Montealegre-Quijano, S., Motta, F., Paesch, L. & Rincon, G. 2020. ***Rioraja agassizii*. The IUCN Red List of Threatened Species** 2020:e.T63109A3118640. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T63109A3118640.en>. Accessed on 29 July 2022.
- Pollom, R., Barreto, R., Charvet, P., Chiaramonte, G.E., Cuevas, J.M., Herman, K., Montealegre-Quijano, S., Motta, F. & Paesch, L. 2020. ***Sympterygia acuta*. The IUCN Red List of Threatened Species** 2020:e.T44642A2998643. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T44642A2998643.en>. Accessed on 29 July 2022.
- Pollom, R., Barreto, R., Charvet, P., Chiaramonte, G.E., Cuevas, J.M., Faria, V., Herman, K., Marcante, F., Montealegre-Quijano, S., Motta, F., Paesch, L. & Rincon, G. (2020).

*Sympterygia bonapartii*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020:e.T44597A2997866.

<https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T44597A2997866.en>. Accessed on 29 July 2022.

Rangel, B., Rodrigues, A., & Moreira, R. G. (2021). **Capture and Handling Stress in Incidentally Captured Rays from Small-Scale Fishing: A Physiological Approach.** *Oecologia Australis* 25(1):190–196.

Renshaw, G.M.C., Kutek, A.K., Grant, G.D., Anoopkumar-Dukie, S. (2012) **Forecasting elasmobranch survival following exposure to severe stressors.** *Comp Biochem Physiol A-Mol Integr Physiol.* 162(2):101–12.

Robertson, L., Thomas, P., Arnold, C.R. (1988). **Plasma cortisol and secondary stress responses of cultured red drum (*Sciaenops ocellatus*) to several transportation procedures.** *Aquaculture* 68, 115–130.

Schaefer, K.M., Fuller, D.W. (2011). **An overview of the 2011 ISSF/IATTC research cruise for investigating potential solutions for reducing fishing mortality of undesirable sizes of bigeye and yellowfin tunas and sharks in purse-seine sets on drifting FADs.** Scientific Committee Seventh Regular Session, August 9–17, 2011, Federated States of Micronesia. WCPFC-SC7-2011/EB-WP-13, Seattle, WA, 5 pp.

Seitz, J. C. & Poulakis, G. R. (2006). **Anthropogenic effects on the smalltooth sawfish (*Pristis pectinata*) in the United States.** *Marine Pollution Bulletin* 52, 1533–1540.

Skomal, G. B. (2007). **Evaluating the physiological and physical consequences of capture on post-release survivorship in large pelagic fishes.** *Fisheries Management and Ecology*, 14(2), 81-89.

Skomal, G.B., Bernal, D. (2010). **Physiological responses to stress in sharks.** In: Carrier J, Musick J, Heithaus M (eds) *Sharks and their relatives II: biodiversity, adaptive physiology, and conservation.* CRC Press, Boca Raton, pp 459–490.

Skomal, G. B., & Mandelman, J. W. (2012). **The physiological response to anthropogenic stressors in marine elasmobranch fishes: a review with a focus on the secondary response.** *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 162(2), 146-155.

- Smith, S. E., Au, D. W. & Show, C. (1998). **Intrinsic rebound potentials of 26 species of Pacific sharks.** Marine and Freshwater Research 49, 663–678.
- Soares, L. S. H., Vazzoler, A. E. A. M., and Correa, R. A. (1999). **Diel feeding chronology of the skate *Rioraja agassizii* (Müller & Henle) (Pisces, Elasmobranchii) on the continental shelf off Ubatuba, southeastern Brazil.** Revista Brasileira de Biologia 16, 201–212.
- Stevens, J. D., Bonfil, R., Dulvy, N. K. & Walker, P. A. (2000). **The effects of fishing on sharks, rays, and chimaeras (chondrichthyans), and the implications for marine ecosystems.** ICES Journal of Marine Science 57, 476–494.
- Suter, G. W. (2000). **Generic assessment endpoints are needed for ecological risk assessment.** Risk Analysis 20, 173–178.
- Thomas, P., Robertson, L. (1991). **Plasma cortisol and glucose stress responses of red drum (*Sciaenops ocellatus*) to handling and shallow water stressors and anaesthesia with MS-222, quinaldine sulfate, and metomidate.** Aquaculture 96, 69–86.
- Thorpe T., Frierson, D. (2009). **Bycatch mitigation assessment for sharks caught in coastal anchored gillnets.** Fish Res 98: 102–112.
- Van Rijn, J.A., Reina, R.D. (2010). **Distribution of leukocytes as indicators of stress in the Australian swellshark, *Cephaloscyllium laticeps*.** Fish Shellfish Immunol. 29(3):534–8.
- Tufts, B.L., Tang, Y., Tufts, K., Boutilier, R.G. (1991). **Exhaustive exercise in ‘wild’ Atlantic salmon (*Salmo salar*): acid–base regulation and blood gas transport.** Can. J. Fish. Aquat. Sci. 48.
- Venter, O., Brodeur, N. N., Nemiroff, L., Belland, B., Dolinsek, I. J. & Grant, J. W. A. (2006). **Threats to endangered species in Canada.** Bioscience 56, 903–910.
- Worm, B., Sandow, M., Oschlies, A., Lotze, H. K. & Myers, R. A. (2006). **Global patterns of predator diversity in the open oceans.** Science 309, 1365–1369.
- Wosnick, N., Bornatowski, H., Ferraz, C., Afonso, A., Rangel, B.S., Hazin, F.H.V. & Freire, C.A. (2017a). **Talking to the dead: using Post-mortem data in the assessment of stress in tiger sharks (*Galeocerdo cuvier*) (Péron and Lesueur, 1822).** Fish Physiol. Biochem. 43, 165–178.

- Wosnick, N., Navas, C. A., Niella, Y. V., Monteiro-Filho, E. L., Freire, C. A., & Hammerschlag, N. (2018). **Thermal imaging reveals changes in body surface temperatures of blacktip sharks (*Carcharhinus limbatus*) during air exposure.** *Physiological and Biochemical Zoology*, 91(5), 1005-1012.
- Wosnick, N., Awruch, C. A., Adams, K. R., Gutierrez, S. M. M., Bornatowski, H., Prado, A. C., & Freire, C. A. (2019). **Impacts of fisheries on elasmobranch reproduction: high rates of abortion and subsequent maternal mortality in the shortnose guitarfish.** *Animal Conservation*, 22(2), 198-206.
- Wosnick, N., Niella, Y., Hammerschlag, N., Chaves, A. P., Hauser-Davis, R. A., da Rocha, R. C. C., ... & Nunes, J. L. S. (2021). **Negative metal bioaccumulation impacts on systemic shark health and homeostatic balance.** *Marine pollution bulletin*, 168, 112398.
- Wosnick, N., Leite, R. D., Giaretta, E. P., Morick, D., & Hauser-Davis, R. A. (2022). **Unraveling Metabolite Provisioning to Offspring Through Parental Fluids: A Case Study of the Brazilian Guitarfish, *Pseudobatos horkelii*.** *Frontiers in Physiology*, 1123.
- Wood, C.M. (1991). **Acid-base and ion balance, metabolism, and their interactions, after exhaustive exercise in fish.** *Journal of Experimental Biology*, v. 160, n. 1, p. 285- 308.