

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 10/02/2024.

**Diversidade genética e análise de parentesco em tubarões da
espécie *Squalus acanthias* (Chondrichthyes: Squalidae) no oceano
Atlântico, por meio de SNPs**

Beatriz Rochitti Boza

Botucatu-SP

2022

**Diversidade genética e análise de parentesco em tubarões da
espécie *Squalus acanthias* (Chondrichthyes: Squalidae) no oceano
Atlântico por meio de SNPs**

Aluna: Beatriz Rochitti Boza

Orientador: Prof^o Dr. Claudio de Oliveira

Coorientadora: Dr^a Vanessa Paes da Cruz

Dissertação apresentada ao Programa
de Pós-Graduação em Ciências Biológicas
(Genética) do Instituto de Biotecnologia de
Botucatu, Universidade Estadual Paulista
"Júlio de Mesquita Filho", como parte dos
requisitos para obtenção do título de Mestre.

Botucatu – SP

2022

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CÂMPUS DE BOTUCATU - UNESP
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: ROSEMEIRE APARECIDA VICENTE-CRB 8/5651

Boza, Beatriz Rochitti.

Diversidade genética e análise de parentesco em tubarões da espécie *Squalus acanthias* (Chondrichthyes: Squalidae) no oceano Atlântico, por meio de SNPs / Beatriz Rochitti Boza.
- Botucatu, 2022

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Instituto de Biociências de Botucatu

Orientador: Claudio Oliveira

Coorientador: Vanessa Paes da Cruz

Capes: 20204000

1. Tubarão (Peixe) - Conservação. 2. Diversidade genética.
3. Polimorfismo de nucleotídeo único. 4. Genômica.

Palavras-chave: Conservação; Genômica; NGS; SNPs; Tubarões.

Dedico à minha mãe, que é meu porto seguro.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente à Deus por todas as oportunidades concedidas em minha vida.

À minha família, principalmente minha mãe, que sempre foi meu exemplo de garra e força. Te amo, mãe. Nós conseguimos vencer mais uma batalha.

Ao meu orientador, Professor Cláudio, por ter me aceitado em 2016 como IC e por ter continuado comigo nesse longo caminho, agregando conhecimento e bom humor aos meus dias.

À minha co-orientadora e amiga, Vanessa, que é um exemplo de liderança, companheirismo, e acima de tudo amizade.

Ao Professor Fausto, que sempre se faz presente em meus trabalhos, adicionando todo conhecimento e carinho.

Ao Laboratório de Biologia e Genética de Peixes e a todos que fazem parte desse lugar incrível, que é mais do que um local de trabalho, é uma segunda casa, onde encontro amizade, companheirismo e acolhimento.

A todos os amigos que estiveram comigo nessa jornada, mas em especial: Ailton, Aisni, Beatriz, Fabilene, Gabriela, Giovana, Najila e Silvana, vocês são mais que um presente em minha vida.

Às minhas amigas desde antes da vida acadêmica, Amanda, Camila, Débora, Gabriela, Isabela, Lívia, Marcela, Patricia Corrêa, Patricia Cortés e Tainá.

Aos colaboradores deste projeto, Dr. Sergio M. Delpiani e Dra. Gabriela Delpiani e Instituto de Biotecnologia (IBTEC).

Por fim, agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Genética) da UNESP de Botucatu, e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP - Processo 2019/15131-0) pela bolsa de estudo concedida, tornando possível a realização do meu mestrado.

Nada teria sido possível sem o apoio de cada um de vocês, muito obrigada.

Resumo

A pesca excessiva influencia em mudanças na estratégia de vida das populações dos organismos aquáticos, especialmente dos elasmobrânquios (tubarões e raias). O conhecimento e identificação de estoques das populações representam um ponto fundamental para o manejo e conservação das espécies. A espécie *Squalus acanthias* é um tubarão de pequeno porte, pertencente ao gênero *Squalus*, popularmente conhecido como cação-bagre-espinhoso, amplamente distribuído, migrador e susceptível à sobrepesca. Na Argentina, há uma alta ocorrência de pesca sobre *S. acanthias*, que atualmente recebe a classificação Vulnerável (VU) na lista vermelha da IUCN (União Internacional para Conservação da Natureza). Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivos estudar amostras de *S. acanthias*, procurando rastrear marcadores SNPs para estudos populacionais e parentesco, estudar a composição genética de uma população e a ocorrência de paternidade múltipla. A biblioteca *ddRADSeq* foi realizada com fêmeas e seis ninhadas, variando de três a 12 filhotes/mãe, totalizando 40 amostras de Mar del Plata (n=17) e Puerto de Santa Cruz (n=23), Argentina. Após o sequenciamento, foi realizado o rastreio de marcadores, resultando em 4.157 SNPs. Os índices de diversidade genética foram moderados (para heterosiguidade observada e heteroziguidade esperada), além disso, o coeficiente de endogamia (F_{IS}) foi negativo para ambas as localidades analisadas, indicando um excesso de heterozigotos e ausência de endogamia. O F_{ST} pairwise foi de 0.042 entre as regiões de Mar del Plata e Puerto de Santa Cruz, demonstrando ausência de estruturação populacional. As análises com os programas STRUCTURE e DAPC indicaram que os indivíduos analisados estão distribuídos em três clusters genéticos, além disso, foi encontrado um alto fluxo gênico entre os indivíduos das diferentes localidades, porém apresentando baixo tamanho efetivo populacional (N_e). As análises de parentesco revelaram indivíduos bem relacionados geneticamente. No programa COLONY foram identificadas 35 relações de irmãos completos, distribuídos em oito grupos que variaram em tamanho de dois a cinco indivíduos, e 45 relações de meio-irmãos, e a paternidade múltipla foi detectada em três das seis ninhadas analisadas. Este é o primeiro estudo que avaliou a diversidade genética, estruturação populacional e paternidade múltipla na espécie *S. acanthias* na costa da Argentina com marcadores SNPs. Os resultados obtidos apresentam evidências da ocorrência de uma única unidade panmítica na costa da Argentina e ocorrência de paternidade múltipla na espécie, que pode estar auxiliando na manutenção da variabilidade genética.

Abstract

Overfishing influences changes in the life strategy of populations of aquatic organisms, especially elasmobranchs (sharks and rays). The knowledge and identification of stocks of populations represent a fundamental point for the management and conservation of the species. The species *Squalus acanthias* is a small shark, belonging to the genus *Squalus*, popularly known as the spiny dogfish, widely distributed, migratory and susceptible to overfishing. In Argentina, there is a high occurrence of fishing on *S. acanthias*, which is currently classified as Vulnerable (VU) on the IUCN (International Union for Conservation of Nature) red list. In this context, the present work aims to study samples of *S. acanthias*, trying to track SNP markers for population and kinship studies, study the genetic composition of a population and study the occurrence of multiple paternity. The ddRADSeq library was performed with females and six litters, ranging from three to 12 pups/mother, totaling 40 samples from Mar del Plata (n=17) and Puerto de Santa Cruz (n=23), Argentina. After sequencing, marker screening was performed, resulting in 4,157 SNPs. The genetic diversity indices were moderate (for observed heterozygosity and expected heterozygosity), in addition, the inbreeding coefficient (F_{IS}) was negative for both analyzed localities, indicating an excess of heterozygotes and absence of inbreeding. The pairwise F_{ST} was 0.042 between the regions of Mar del Plata and Puerto de Santa Cruz, demonstrating the absence of population structure. The analyzes with the STRUCTURE and DAPC programs indicated that the analyzed individuals are distributed in three genetic clusters, in addition, a high gene flow was found between individuals from different locations, with a low effective population size (N_e). Kinship analyzes revealed genetically well-related individuals. In the COLONY program, 35 full-sibling relationships were identified, distributed in eight groups that varied in size from two to five individuals, and 45 half-sibling relationships, and multiple paternity was detected in three of the six litters analyzed. This is the first study that evaluated the genetic diversity, population structure and multiple paternity in the *S. acanthias* species off the coast of Argentina with SNPs markers. The results obtained show evidence of the occurrence of a single panmictic unit on the coast of Argentina and the occurrence of multiple paternity in the species, which may be helping to maintain the genetic variability.

Sumário

1. Introdução.....	9
1.1 Elasmobrânquios.....	9
1.2 Família Squalidae, Gênero <i>Squalus</i>	10
1.3 <i>Squalus acanthias</i> (Linnaeus, 1758).....	11
1.4 Poliandria.....	12
1.5 Genética molecular	14
1.6 Estudos genéticos em <i>Squalus acanthias</i>	15
2. Objetivos	15
2.1 Objetivos específicos	15
3. Materiais e métodos	16
3.1 Obtenção do material genômico	16
3.2 Elaboração da Biblioteca ddRAD para SNPs	16
3.3 Análises de SNPs	18
3.4 Diversidade genética.....	19
3.5 Estruturação genética.....	19
3.6 Análises de relacionamento	20
4. Resultados	22
4.1 Genetical diversity and population structure	23
4.2 Kinship analyses	26
5. Discussion.....	29
5.1 Genetic diversity	29
5.2 Population genetic structure and migration	29
5.3 Relationship and kinship.....	30
6. List of Supplementary Material.....	32
7. Referências Bibliográficas	37
8. Produção bibliográfica e científica, desenvolvida durante o mestrado.....	49
9. Outras atividades acadêmicas	53

1. Introdução

1.1 Elasmobrânquios

Os elasmobrânquios, grupo taxonômico formado pelos peixes cartilagosos (tubarões e raias), englobam mais de 1.200 espécies válidas (Fricke et al. 2021). Possuem uma longa história evolutiva com mais de 400 milhões de anos, habitando uma variedade de nichos ecológicos (Miller, 2003; Pough, 2013). São amplamente distribuídos e algumas espécies altamente migradoras (Gomes et al. 2019).

Ecologicamente, devido a sua função de predadores ou mesopredadores, os tubarões desempenham o papel de reguladores da cadeia trófica de ecossistemas marinhos, especialmente nas regiões tropicais e subtropicais (Ferretti et al. 2010; Roff et al. 2016). Formam um grupo de espécies ecologicamente e demograficamente diversificado, com representantes adaptados aos mais variados ambientes (Weigmann, 2016), reflexo das inúmeras adaptações evolutivas desses animais (Gomes et al. 2019).

Apesar de sua grande importância ecológica, os tubarões estão entre as espécies marinhas mais ameaçadas de extinção, e isto se deve a um conjunto de características biológicas que os tornam pouco resilientes às modificações causadas no ambiente, como crescimento lento, maturação sexual tardia, longa expectativa de vida, baixa fecundidade e pouca frequência reprodutiva, além de algumas espécies possuírem longos períodos de gestação e grande investimento materno (Cortés, 2000; Dulvy et al. 2014; Dulvy et al. 2021).

As populações de algumas espécies de tubarões pelágicos tiveram um declínio de aproximadamente 71% nos oceanos Pacífico, Atlântico e Índico desde o ano de 1970, indicando o risco de serem extintas em uma ou duas décadas (Pacoureaux et al. 2021). Essa redução populacional se dá principalmente pela rápida e crescente expansão das atividades humanas, como os altos índices de poluição nos diferentes ambientes, principalmente em regiões costeiras, causando degradação do habitat de populações naturais, alterações climáticas e efeitos da sobrepesca (Dulvy et al. 2021; Osgood et al. 2021).

O risco de extinção em tubarões pode ser duas vezes maior do que em peixes teleósteos (Myers & Worm, 2005), pois as espécies de tubarões necessitariam de décadas para se recuperar dos efeitos da pesca (Stevens et al. 2000). Neste contexto é considerado que a redução populacional de tubarões pode causar inúmeras consequências negativas, tanto ecológicas quanto econômicas (Grubbs et al. 2016; Simpfendorfer et al. 2021; Osgood et al. 2021). Portanto, diferentemente de outros organismos aquáticos, os

elasmobrânquios requerem abordagens distintas daquelas comumente adotadas (Dulvy et al. 2017; Stein 2018), como por exemplo, o cálculo de tamanho efetivo populacional (N_e) para maior conhecimento sobre aspectos genéticos das populações e planejamento de ações de conservação (Domingues et al. 2018).

1.2 Família Squalidae, Gênero *Squalus*

A família de tubarões Squalidae (Blainville, 1816) é composta por dois gêneros, *Squalus* Linnaeus, 1758 (gênero-tipo) e *Cirrhigaleus* Tanaka, 1912 (Bigelow & Schroeder, 1957). Existem mais de 60 espécies dentro desta família, cujas descrições originais, em sua maioria são pouco informativas, ocasionando em casos de identificação equivocados na literatura. Além disso, a perda de holótipos ou outros tipos primários para classificação constituem empecilhos secundários para a identificação dos componentes desta família, contribuindo ainda hoje para erros de nomenclatura e utilização de sinônimos (Viana et al. 2016; Fricke et al. 2021).

O gênero *Squalus* é um dos grupos mais problemáticos em questões taxonômicas entre as espécies de tubarões, tendo essa complexidade potencializada pela alta sobreposição de caracteres morfológicos entre as espécies, já que a identificação das mesmas se dá muitas vezes por meio de caracteres limitados e insuficientemente consistentes, como contagem de vértebras e certas medidas corporais (Veríssimo et al. 2017; Pflieger et al. 2018). As espécies de *Squalus* estão divididas em três “complexos de espécies” classificados de acordo com a similaridade morfológica, denominados complexo *S. acanthias*, *S. megalops* e *S. mitsukurii*, podendo ou não representar grupos monofiléticos (Bigelow & Schroeder, 1957).

Atualmente, o gênero é composto por 35 espécies popularmente conhecidos como “cações-bagre”, entre estas, podem ser citadas *Squalus acanthias* Linnaeus, 1758 (espécie-tipo); *S. blainvillei* (Risso, 1826); *S. suckleyi* (Girard, 1854); *S. megalops* (Macleay, 1881); *S. mitsukurii* Jordan & Snyder (1903); *S. japonicus* Ishikawa, 1908; *S. brevirostris* Tanaka, 1912; *S. griffini* Phillipps, 1931; *S. montalbani* Whitley, 1931; *S. cubensis* Howell-Rivero, 1936; *S. melanurus* Fourmanoir & Rivaton, 1979; *S. rancureli* Fourmanoir & Rivaton, 1979; *S. clarkae* (Pflieger et al. 2018) e mais 13 espécies recentemente descritas nos oceanos Índico e Pacífico (Baranes, 2003; Last et al. 2007; White & Iglésias, 2011). De maneira geral, as espécies de *Squalus* estão distribuídas nos oceanos Atlântico, Pacífico e Índico, sendo considerados tubarões de pequeno porte que podendo atingir até 1,5m de comprimento total (Compagno et al. 2005).

7. Referências Bibliográficas

- Allendorf F, Hohenlohe P, Luikart G (2010). Genomics and the future of conservation genetics. *Nature reviews genetics*, 697-709.
- Andrews KR, Good JM, Miller MR, Luikart G, Hohenlohe PA (2016). Harnessing the power of RADseq for ecological and evolutionary genomics. *Nature Reviews Genetics*, 17(2), 81-92.
- Andrews S (2018). FastQC: a quality control tool for high throughput sequence data. Babraham Bioinformatics, Babraham Institute, Cambridge, United Kingdom.
- Baird NA, Etter PD, Atwood TS, Currey MC, Shiver AL, Lewis ZA, Johnson EA (2008). Rapid SNP discovery and genetic mapping using sequenced RAD markers. *PloS one*, 3(10), e3376.
- Baranes A (2003). Sharks from the Amirantes Islands, Seychelles, with a description of two new species of squaloids from the deep sea. *Israel Journal of Zoology*, 49, 33–65.
- Bargione G, Donato F, La Mesa M, Mazzoldi C, Riginella E, Vasapollo C, Lucchetti A. (2019). Life-history traits of the spiny dogfish *Squalus acanthias* in the Adriatic Sea. *Scientific reports*, 9(1), 1-10.
- Barker AM, Frazier BS, Gelsleichter J, Grubbs RD, Hollenbeck CM, Portnoy DS. (2019). High rates of genetic polyandry in the Blacknose Shark, *Carcharhinus acronotus*. *Copeia*, 107(3), 502-508.
- Bernard AM, Finnegan KA, Pavinski Bitar P, Stanhope MJ, Shivji MS (2021). Genomic assessment of global population structure in a highly migratory and habitat versatile apex predator, the tiger shark (*Galeocerdo cuvier*). *Journal of Heredity*, 112(6), 497-507.
- Bester-van der Merwe AE, Maduna SN, Hull KL, Bell J, Rossouw C, Wintner SP (2019). Evidence for multiple paternity and confirmation of an Indo-Pacific origin of blacktip shark *Carcharhinus limbatus* occurring in South Africa. *African Journal of Marine Science*, 41(3), 281-289.
- Bigelow HB & Schroeder WC (1957). A study of the sharks of the suborder Squaloidea. *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology at Harvard College in Cambridge*, 1–150.
- Birkhead TR, Møller AP. *Sperm Competition and sexual selection* (1998). Academic Press.
- Bolger AM, Lohse M, & Usadel B. Trimmomatic: um trimmer flexível para dados de sequência Illumina. *Bioinformatics* 30, 2114–2120 (2014). *Scientific RepoRtS*, 10, 13443.

- Boomer JJ, Harcourt RG, Francis MP, Walker TI, Braccini JM, & Stow AJ (2013). Frequency of multiple paternity in gummy shark, *Mustelus antarcticus*, and rig, *Mustelus lenticulatus*, and the implications of mate encounter rate, postcopulatory influences, and reproductive mode. *Journal of Heredity*, 104(3), 371-379.
- Byrne RJ & Avise JC (2012). Genetic mating system of the brown smoothhound shark (*Mustelus henlei*), including a literature review of multiple paternity in other elasmobranch species. *Marine Biology* Volume 159, Number 4 (2012), 749-756, Doi: 10.1007/s00227-011-1851-z.
- Camargo SM, Coelho R, Chapman D, Howey-Jordan L, Brooks EJ, Fernando D, ... & Mendonca FF (2016). Structure and genetic variability of the oceanic whitetip shark, *Carcharhinus longimanus*, determined using mitochondrial DNA. *PloS one*, e0155623.
- Campos M, Conn JE, Alonso DP, Vinetz JM, Emerson KJ, & Ribolla PEM (2017). Microgeographical structure in the major Neotropical malaria vector *Anopheles darlingi* using microsatellites and SNP markers. *Parasites & vectors*, 1-8.
- Catchen JM, Amores A, Hohenlohe P, Cresko W & Postlethwait JH (2011). Stacks: building and genotyping loci de novo from short-read sequences. *G3: Genes, Genomes, Genetics*, 171-182.
- Cedrola PV, González AM, Chiaramonte GE, & Pettovello AD (2012). Bycatch of sharks (Elasmobranchii) in the Patagonian red shrimp *Pleoticus muelleri* (Bate, 1888) fishery. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales*, 14(2), 349-356.
- Chabot CL, Haggin BM (2014). Frequency of multiple paternity varies between two populations of brown smoothhound shark, *Mustelus henlei*. *Marine Biology*, 161(4), 797-804.
- Chapman DD, Prodohl PA, Gelsleichter J, Manire CA, Shivji MS (2004). Predominance of genetic monogamy by females in a hammerhead shark, *Sphyrna tiburo*: implications for shark conservation. *Mol Ecol*. 13:1965–1974.
- Chapman DD, Wintner SP, Abercrombie DL, Ashe J, Bernard AM, Shivji MS, Feldheim KA (2013). The behavioural and genetic mating system of the sand tiger shark, *Carcharias taurus*, an intrauterine cannibal. *Biology letters*, 9(3), 20130003.
- Chevolot M, Ellis JR, Rijnsdorp AD, Stam WT, Olsen JL (2007). Multiple paternity analysis in the thornback ray *Raja clavata* L. *J Hered*. 98:712–715.
- Colloca F, Carrozzi V, Simonetti A & Di Lorenzo M (2020). Using local ecological knowledge of fishers to reconstruct abundance trends of elasmobranch populations in the Strait of Sicily. *Frontiers in Marine Science*, 7, 508.

- Colonello JH, Cortés F, Belleggia M, Massa AM (2016). Reproductive and population parameters of spiny dogfish *Squalus acanthias* in the south-western Atlantic Ocean. *Journal of fish biology*, 88(5), 1758-1775.
- Compagno LJV (1984). *FAO species catalogue. v. 4:(1) Sharks of the world. An annotated and illustrated catalogue of shark species known to date, Pt. 1-Hexanchiformes to Lamniformes.*
- Compagno LJV, Dando M, Fowler S (2005). *Sharks of the World – Princeton Field Guides.* Harper Collins Publishers Ltd., London, 368 pp.
- Corrigan S, Kacev D, Werry J (2015). A case of genetic polyandry in the shortfin mako *Isurus oxyrinchus*. *Journal of fish biology*, 87(3), 794-798.
- Craven KS, Webb C, Ragsdale AK, Schrey AW (2018). A pilot study of multiple paternity in three litters of spiny dogfish (*Squalus acanthias*) off the South Carolina/Georgia coast. *Bios*, 89(1), 23-28.
- Cruz VP, Adachi AM, Oliveira P H, Ribeiro GS, Paim FG, Souza BC, Foresti F (2021). Genetic diversity in two threatened species of guitarfish (Elasmobranchii: Rhinobatidae) from the Brazilian and Argentinian coasts: an alert for conservation. *Neotropical Ichthyology*, 19.
- Cruz VP, Vera M, Pardo BG, Taggart J, Martinez P, Oliveira C, Foresti F (2016). Identification and validation of single nucleotide polymorphisms as tools to detect hybridization and population structure in freshwater stingrays. *Molecular Ecology Resources*. Doi 10.1111/1755-0998.12564.
- Daly-Engel TS, Grubbs RD, Feldheim KA, Bowen BW, Toonen RJ (2010). Is multiple paternity beneficial or unavoidable? Low multiple paternity and genetic diversity in the shortspine spurdog *Squalus mitsukurii*. *Mar Ecol Prog Ser.* 403:255–267.
- Daly-Engel TS, Grubbs RD, Holland KN, Toonen RJ, & Bowen BW (2006). Assessment of multiple paternity in single litters from three species of carcharhinid sharks in Hawaii. *Environmental Biology of Fishes*, 419-424.
- Daly-Engel TS, Grubbs RD, Bowen BW, Toonen RJ (2007). Frequency of multiple paternity in an unexploited tropical population of sandbar sharks (*Carcharhinus plumbeus*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 64(2), 198-204.
- Danecek P, Auton A, Abecasis G, Albers CA, Banks E, DePristo MA. 1000 Genomes Project Analysis Group. (2011). The variant call format and VCFtools. *Bioinformatics*, 27(15), 2156-2158.

- Dell’Apa A, Bangley CW, Rulifson RA. Who let the dogfish out? A review of management and socio-economic aspects of spiny dogfish fisheries. *Rev. Fish Biol. Fish.* 25, 273–295 (2015).
- Díaz-Jaimes P, Bayona-Vásquez NJ, Escatel-Luna E, Uribe-Alcocer M, Pecoraro C, Adams DH, Babbucci M. (2021). Population genetic divergence of bonnethead sharks *Sphyrna tiburo* in the western North Atlantic: Implications for conservation. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 31(1), 83-98.
- DiBattista JD, Feldheim KA, Thibert-Plante X, Gruber SH, Hendry AP (2008). A genetic assessment of polyandry and breeding-site fidelity in lemon sharks. *Mol Ecol.* 17:3337–3351.
- DiBattista JD, Saenz-Agudelo P, Piatek MJ, Wang X, Aranda M, Berumen ML (2017). Using a butterflyfish genome as a general tool for RAD-Seq studies in specialized reef fish. *Molecular Ecology Resources*. Doi 10.1111/1755-0998.12662.
- Domingues RR, Hilsdorf AWS & Gadig OBF (2018). The importance of considering genetic diversity in shark and ray conservation policies. *Conservation Genetics*, 1-25.
- Domingues RR, Mastrochirico-Filho VA, Mendes NJ, Hashimoto DT, Coelho R, Cruz, VP, Mendonça FF (2020). Comparative eye and liver differentially expressed genes reveal monochromatic vision and cancer resistance in the shortfin mako shark (*Isurus oxyrinchus*). *Genomics*, 4817-4826.
- Driller M, Vilaca ST, Arantes LS, Carrasco-Valenzuela T, Heeger F, Chevallier D, Mazzoni CJ (2020). Optimization of ddRAD-like data leads to high quality sets of reduced representation single copy orthologs (R2SCOs) in a sea turtle multi-species analysis. *bioRxiv*.
- Duchatelet L, Oury N, Mallefet J, Magalon H (2020). In the intimacy of the darkness: Genetic polyandry in deep-sea luminescent lanternsharks *Etmopterus spinax* and *Etmopterus molleri* (Squaliformes, Etmopteridae). *Journal of Fish Biology*, 96(6), 1523-1529.
- Dulvy NK, Fowler SL, Musick JA, Cavahagh RD, Kyne PM, Harrison LR, Carlson JK, Davidson LNK, Fordham SV, Francis MP, Pollock CM, Simpfendorfer CA, Burgess GH, Carpenter KE, Compagno LJV, Ebert DA, Gibson C, Heupel MR, Livingstone SR, Sanciangco JC, Stevens JD, Valenti S, White WT (2014). Extinction risk and conservation of the world’s sharks and rays. *Elife*, e00590.
- Dulvy NK, Pacoureaux N, Rigby CL, Pollom RA, Jabado RW, Ebert DA, Simpfendorfer CA (2021). Overfishing drives over one-third of all sharks and rays toward a global extinction crisis. *Current Biology*, 31(21), 4773-4787.

- Dulvy NK, Simpfendorfer CA, Davidson LN, Fordham SV, Bräutigam A, Sant G, Welch D J (2017). Challenges and priorities in shark and ray conservation. *Current Biology*, 27(11), R565-R572.
- Ebert DA, White WT, Goldmann KJ, Compagno LJV, Daly-Engel TS, Ward RD (2010). Resurrection and redescrptions of *Squalus suckleyi* (Girard, 1854) from the North Pacific, with comments on the *Squalus acanthias* subgroup (Squaliformes: Squalidae). *Zootaxa*, 2612, 22–40
- Evanno G, Regnaut S, Goudet J (2005). Detecting the number of clusters of individuals using the software STRUCTURE: a simulation study. *Molecular ecology*, 2611-2620.
- Evans JP, Kelley JL (2008). Implications of multiple mating for offspring relatedness and shoaling behaviour in juvenile guppies. *Biol Lett.* 4:623–626.
- Evans JP, Magurran AE (2000). Multiple benefits of multiple mating in guppies. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 97:10074–10076.
- Ewels P, Magnusson M, Lundin S, Käller M (2016). MultiQC: summarize analysis results for multiple tools and samples in a single report. *Bioinformatics*, 3047-3048.
- Farrell ED, O'Sullivan N, Sacchi C, Mariani S. (2014). Multiple paternity in the starry smooth-hound shark *Mustelus asterias* (Carcharhiniformes: Triakidae). *Biological Journal of the Linnean Society*, 111(1), 119-125.
- Feldheim KA, Gruber SH & Ashley MV (2004). Reconstruction of parental microsatellite genotypes reveals female polyandry and philopatry in the lemon shark, *Negaprion brevirostris*. *Evolution.* 58:2332–2342.
- Feldheim KA, Gruber SH, Ashley MV (2001). Multiple paternity of a lemon shark litter (Chondrichthyes: Carcharhinidae). *Copeia*, 2001(3), 781-786.
- Feldheim KA, Gruber SH, Ashley MV (2001). Population genetic structure of the lemon shark (*Negaprion brevirostris*) in the western Atlantic: DNA microsatellite variation. *Molecular Ecology*, 295-303.
- Finucci B, Cheek J, Chiamonte GE, Cotton CF, Dulvy NK, Kulka DW, Neat FC, Pacoureau N, Rigby CL, Tanaka S, Walker TI (2020). *Squalus acanthias*. The IUCN Red List of Threatened Species.
- Flanagan SP, Jones AG (2019). The future of parentage analysis: From microsatellites to SNPs and beyond. *Molecular ecology.* 28, 544-567.
- Fox RJ, Head ML, Jennions MD (2019). Disentangling the costs of male harassment and the benefits of polyandry for females. *Behav Ecol* 30(3):872–881. <https://doi.org/10.1093/beheco/arz024>

- Franco B, Mendonça, FF, Oliveira C, & Foresti F (2012). Illegal trade of the guitarfish *Rhinobatos horkelii* on the coasts of central and southern Brazil: genetic identification to aid conservation. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 272-276.
- Frankham R (2005). Genetics and extinction. *Biol Conserv.* 126:131–140.
- Frankham R, Bradshaw CJ, Brook BW (2014). Genetics in conservation management: revised recommendations for the 50/500 rules, Red List criteria and population viability analyses. *Biological Conservation*, 170, 56-63.
- Fricke R, Eschmeyer WN, Van der Laan R. (2021) Eschmeyer's catalog of fishes: species by family/subfamily. Available from: <http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp> (March 18, 2021).
- Funk WC, McKay JK, Hohenlohe PA & Allendorf FW (2012). Harnessing genomics for delineating conservation units. *Trends in ecology & evolution*, 489-96.
- Glaus KB, Appleyard SA, Stockwell B, Brunnschweiler JM, Shivji M, Clua E, Rico C. (2020). Insights Into Insular Isolation of the Bull Shark, *Carcharhinus leucas* (Müller and Henle, 1839), in Fijian Waters. *Frontiers in Marine Science*, 7, 1087.
- Gomes UL, Santos HRS, Gadig OBF, Signori CN, Vicente MM (2019) Identification Guide of sharks, batoids and chimaeroids from Rio de Janeiro State (Chondrichthyes: Elasmobranchii e Holocephali). 27, 198.
- Gračan R, Lazar B, Zupan S, Bužan, E. (2020). Genetic characterisation of the spiny dogfish *Squalus acanthias* in the Adriatic Sea: evidence for high genetic diversity and an Atlantic–South Pacific origin. *Marine and Freshwater Research*, 72(1), 131-139.
- Green ME, Appleyard SA, White W, Tracey S & Ovenden J (2017). Variability in multiple paternity rates for grey reef sharks (*Carcharhinus amblyrhynchos*) and scalloped hammerheads (*Sphyrna lewini*). *Scientific reports*, 1528.
- Green ME, Appleyard SA, White W, Tracey S, Ovenden J (2017). Variability in multiple paternity rates for grey reef sharks (*Carcharhinus amblyrhynchos*) and scalloped hammerheads (*Sphyrna lewini*). *Scientific Reports*, 7(1), 1-8.
- Griffiths AM, Jacoby DMP, Casane D, McHugh M, Croft DP, Genner MJ, Sims DW (2011). First Analysis of Multiple Paternity in an Oviparous Shark, the Small-Spotted Catshark (*Scyliorhinus canicula* L.). *J Hered* (March-April 2012): 166-173.doi: 10.1093/jhered/esr112 First published online: November 3, 2011.
- Griffiths AM, Jacoby DMP, Casane D, McHugh M, Croft DP, Genner MJ, Sims DW (2011). First analysis of multiple paternity in an oviparous shark, the small-spotted catshark

- (*Scyliorhinus canicula* L.). *Journal of Heredity*, 103(2), 166–173.
<https://doi.org/10.1093/jher>
- Grubbs RD, Carlson JK, Romine JG, Curtis TH, McElroy WD, McCandless CT, Cotton CF, Musick JA (2016). Critical assessment and ramifications of a purported marine trophic cascade. *Scientific Reports*, (6) 20970. doi: 10.1038/srep20970
- Hamlett WC, Hysell MK (1998). Uterine specializations in elasmobranchs. *Journal of Experimental Zoology*, 438-459.
- Hamlett WC, Koob T (1999). Female reproductive system. Pp. 398-443. In W. C. Hamlett (ed.), *Sharks, Skates and Rays: The Biology of Elasmobranchs Fishes*. Johns Hopkins University Press, Baltimore, Maryland.
- Heist EJ, Carrier JC, Pratt Jr HL, Pratt TC (2011). Exact enumeration of sires in the polyandrous nurse shark (*Ginglymostoma cirratum*). *Copeia*, 2011(4), 539-544.
- Hernandez S, Duffy C, Francis MP, Ritchie PA (2014). Evidence for multiple paternity in the school shark *Galeorhinus galeus* found in New Zealand waters. *Journal of Fish Biology*, 85(5), 1739-1745.
- Hoekert WEJ, Neufeglise H, Schouten AD, Menken SBJ (2002). Multiple paternity and female-biased mutation at a microsatellite locus in the olive ridley sea turtle (*Lepidochelys olivacea*). *Heredity*, 89(2), 107-113.
- Holmes BJ, Pope LC, Williams SM, Tibbetts IR, Bennett MB, Ovenden JR (2018). Lack of multiple paternity in the oceanodromous tiger shark (*Galeocerdo cuvier*). *Royal Society Open Science*, 5(1), 171385.
- Janse M, Kappe AL, Van Kuijk BLM (2013). Paternity testing using the poisonous sting in captive white-spotted eagle rays *Aetobatus narinari*: A non-invasive tool for captive sustainability programmes. *Journal of Fish Biology*, 82(3), 1082–1085.
<https://doi.org/10.1111/jfb.12038>.
- Johri S, Solanki J, Cantu VA, Fellows SR, Edwards RA, Moreno I, Dinsdale EA (2019). Genome skimming with the MinION hand-held sequencer identifies CITES-listed shark species in India's exports market. *Scientific reports*, 9(1), 1-13.
- Jombart T, Ahmed I. (2011). adegenet 1.3-1: new tools for the analysis of genome-wide SNP data. *Bioinformatics*, 27(21), 3070-3071.
- Jones OR, & Wang J (2010). COLONY: a program for parentage and sibship inference from multilocus genotype data. *Molecular ecology resources*, 551-555.
- Keenan K, McGinnity P, Cross TF, Crozier WW, Prodöhl PA. (2013). diveRsity: An R package for the estimation and exploration of population genetics parameters and their associated errors. *Methods in ecology and evolution*, 4(8), 782-788.

- King JR, McFarlane GA. Marine fish life history strategies: Applications to fishery management. *Fish. Manag. Ecol.* 10, 249–264 (2003).
- Kopelman NM, Mayzel J, Jakobsson M, Rosenberg NA, Mayrose I. (2015). Clumpak: a program for identifying clustering modes and packaging population structure inferences across K. *Molecular ecology resources*, 15(5), 1179-1191.
- Kraft DW, Conklin EE, Barba EW, Hutchinson M, Toonen RJ, Forsman ZH, Bowen B. W. (2020). Genomics versus mtDNA for resolving stock structure in the silky shark (*Carcharhinus falciformis*). *PeerJ*, 8, e10186.
- Kumar G, Kocour M. (2017). Applications of next-generation sequencing in fisheries research: A review. *Fisheries Research*, 186, 11-22.
- Lage CR, Petersen CW, Forest D, Barnes D, Kornfield I, Wray C (2008). Evidence of multiple paternity in spiny dogfish (*Squalus acanthias*) broods based on microsatellite analysis. *J Fish Biol.* 73:2068–2074.
- Lamarca F, Carvalho PH, Vilasboa A, Netto-Ferreira AL, & Vianna M (2020a). Is multiple paternity in elasmobranchs a plesiomorphic characteristic? *Environmental Biology of Fishes*, 1-9.
- Lamarca F, Vianna M, & Vilasboa A (2020b). The first reproductive parameters and evidence of multiple paternity in one new spiny dogfish species, *Squalus albicaudus* (Squaliformes, Squalidae). *Journal of Fish Biology*, 1268-1272.
- Lamb A, Edgell P (1986). *Coastal fishes of the Pacific northwest*. Madeira Park, (BC, Canada): Harbour Publishing Co. Ltd., 224p.
- Larson S, Christiansen J, Griffing D, Ashe J, Lowry D, Andrews K (2011). Relatedness and polyandry of sixgill sharks *Hexanchus griseus*, in an urban estuary. *Conservation Genetics*. Volume 12, Number 3 (2011), 679-690, DOI: 10.1007/s10592-010-0174-9.
- Last PR, White WT & Pogonoski JJ (2007). Descriptions of new dogfishes of the genus *Squalus* (Squaloidea: Squalidae). *CSIRO Marine and Atmospheric Research Paper*, 14, 130 pp.
- Liu SYV, Tsai WP, Lee M, & Chien HW (2020). Accessing multiple paternity in the shortfin mako shark (*Isurus oxyrinchus*). *Zoological studies*, 59.
- Lombardi J. (1998) *Life Histories*. In: *Comparative Vertebrate Reproduction*. Springer, Boston, MA. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-4937-6_12.
- Lyons K, Chabot CL, Mull CG, Paterson Holder CN, Lowe CG (2017). Who's My Daddy? Considerations for the influence of sexual selection on multiple paternity in elasmobranch mating systems. *Ecology and Evolution*, 7(15), 5603–5612, <https://doi.org/10.1002/ece3.3086>.

- Maduna SN, Van Wyk JH, Da Silva C, Gennari E, Bester-Van Der Merwe AE (2018). Evidence for sperm storage in common smoothhound shark *Mustelus mustelus* and paternity assessment in a single litter from South Africa. *Journal of Fish Biology*, 92(4), 1183-1191.
- Mamoozadeh NR, Graves JE, McDowell JR (2020). Genome-wide SNPs resolve spatiotemporal patterns of connectivity within striped marlin (*Kajikia audax*), a broadly distributed and highly migratory pelagic species. *Evolutionary applications*, 13(4), 677-698.
- Manichaikul A, Mychaleckyj JC, Rich SS, Daly K, Sale M, Chen WM. (2010). Robust relationship inference in genome-wide association studies. *Bioinformatics*, 26(22), 2867-2873.
- Marie AD, Herbing C, Fullsack P, Rico C. (2019). First reconstruction of kinship in a scalloped hammerhead shark aggregation reveals the mating patterns and breeding sex ratio. *Frontiers in Marine Science*, 676.
- Marino IA, Riginella E, Gristina M, Rasotto MB, Zane L, Mazzoldi, C (2015). Multiple paternity and hybridization in two smooth-hound sharks. *Scientific reports*, 5(1), 1-11.
- Mendonça FF, Oliveira C, Gadig OBF, Foresti F (2011). Phylogeography and genetic population structure of Caribbean sharpnose shark *Rhizoprionodon porosus*. *Fish Biology and Fisheries*. Doi 10.1007/s11160-011-9210-1.
- Miller R, Cloutier R, Turner S (2003). The oldest articulated chondrichthyan from the Early Devonian period. *Nature* 425, 501–504. <https://doi.org/10.1038/nature02001>
- Momigliano P, Harcourt R, Robbins WD, Jaiteh V, Mahardika GN, Sembiring A, Stow A (2017). Genetic structure and signatures of selection in grey reef sharks (*Carcharhinus amblyrhynchos*). *Heredity*, 119(3), 142-153.
- Mourier J, Buray N, Schultz JK, Clua E, Planes S (2013). Genetic network and breeding patterns of a sicklefin lemon shark (*Negaprion acutidens*) population in the Society Islands, French Polynesia. *PLoS One*, 8(8), e73899.
- Murdy EO, Musick JA (2013). *Field guide to fishes of the Chesapeake Bay*. JHU Press, 360 p.
- Muus BJ (1999). *Freshwater fish*. Scandinavian Fishing Year Book.
- Myers RA, Worm B (2005). Extinction, survival or recovery of large predatory fishes. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 360(1453), 13-20.

- Newcomer SD, Zeh JA, Zeh DW (1999). Genetic benefits enhance the reproductive success of polyandrous females. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 96(18), 10236-10241.
- Nosal AP, Lewallen EA, Burton RS (2013). Multiple paternity in leopard shark (*Triakis semifasciata*) litters sampled from a predominantly female aggregation in La Jolla, California, USA. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 446, 110-114.
- Ohta Y, Okamura K, McKinney EC, Bartl S, Hashimoto K, Flajnik MF (2000). Primitive synteny of vertebrate major histocompatibility complex class I and class II genes. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 97: 4712-4717.
- Ohta Y, Shiina T, Lohr RL, Hosomichi K, Pollin TI, Heist EJ, Suzuki S, Inoko H, Flajnik MF (2011). Primordial linkage of beta 2-microglobulin to the MHC. *Journal of Immunology* 186:3563–3571.
- Oleksiak MF. *Marine genomics: insights and challenges*. 2016.
- Osgood GJ, White ER, Baum JK. (2021). Effects of climate-change-driven gradual and acute temperature changes on shark and ray species. *Journal of Animal Ecology*, 90(11), 2547-2559.
- Ovenden JR, Dudgeon C, Feutry P, Feldheim K, & Maes GE (2018). *Genetics and Genomics for Fundamental and Applied Research on Elasmobranchs*. *Shark Research: Emerging Technologies and Applications for the Field and Laboratory*.
- Pacoureau N, Rigby CL, Kyne PM, Sherley RB, Winker H, Carlson J, Dulvy NK (2021). Half a century of global decline in oceanic sharks and rays. *Nature*, 589, 567-571.
- Pavan-Kumar A, Gireesh-Babu P, Babu PS, Jaiswar AK, Krishna VH, Prasad KP, Lakra WS (2014). Molecular phylogeny of elasmobranchs inferred from mitochondrial and nuclear markers. *Molecular Biology Reports*, 447-457.
- Pazmiño DA, Maes GE, Simpfendorfer CA, Salinas-de-León P, van Herwerden L (2017). Genome-wide SNPs reveal low effective population size within confined management units of the highly vagile Galapagos shark (*Carcharhinus galapagensis*). *Conservation Genetics*, 18(5), 1151-1163.
- Pearce J, Fraser MW, Sequeira AM, Kaur P. (2021). State of Shark and Ray Genomics in an Era of Extinction. *Frontiers in Marine Science*, 8, 744986.
- Peterson BK, Weber JN, Kay EH, Fisher HS, Hoekstra HE (2012). Double digest RADseq: an inexpensive method for de novo SNP discovery and genotyping in model and non-model species. *PLoS one*, e37135.

- Pfleger MO, Grubbs RD, Cotton CF, Daly-Engel TS (2018). *Squalus clarkae* sp. nov., a new dogfish shark from the Northwest Atlantic and Gulf of Mexico, with comments on the *Squalus mitsukurii* species complex. *Zootaxa*, 101-119.
- Pirog A, Jaquemet S, Soria M, Magalon H (2015). First evidence of multiple paternity in the bull shark (*Carcharhinus leucas*). *Marine and Freshwater Research*, 68(1), 195-201.
- Pirog A, Magalon H, Poirout T, Jaquemet S (2019). Reproductive biology, multiple paternity and polyandry of the bull shark *Carcharhinus leucas*. *Journal of Fish Biology*, 95(5), 1195-1206.
- Pirog A, Magalon H, Poirout T, Jaquemet S (2020). New insights into the reproductive biology of the tiger shark *Galeocerdo cuvier* and no detection of polyandry in Reunion Island, western Indian Ocean. *Marine and Freshwater Research*, 71(10), 1301-1312.
- Portnoy DS, Piercy AN, Musick JA, Burgess GH, Graves JE (2007). Genetic polyandry and sexual conflict in the sandbar shark, *Carcharhinus plumbeus*, in the western North Atlantic and Gulf of Mexico. *Mol Ecol*. 16:187–197.
- Postaire BD, Feldheim KA, Clementi GM, Quinlan J, van Zinnicq Bergmann MPM, Brooks, EJ, Chapman DD (2022). Small localized breeding populations in a widely distributed coastal shark species. *Conservation Genetics*, 23(1), 51-61.
- Pratt HL, Carrier JC, Hamlett WC (2005). Elasmobranch courtship and mating behavior. *Reproductive biology and phylogeny of Chondrichthyes: sharks, batoids and chimaeras*, 129-169.
- Pratt Jr HL, Carrier JC (2001). A review of elasmobranch reproductive behavior with a case study on the nurse shark, *Ginglymostoma cirratum*. *Env. Biol. Fish.* 60:157–188.
- Pritchard JK, Stephens M, Donnelly P (2000). Inference of population structure using multilocus genotype data. *Genetics*, 945-959.
- Queller DC, Goodnight KF (1989). Estimating relatedness using genetic markers. *Evolution* 43: 258 – 275.
- Roff G, Doropoulos C, Rogers A, Bozec YM, Krueck NC, Aurellado E, Mumby PJ (2016). The ecological role of sharks on coral reefs. *Trends in ecology & evolution*, 31(5), 395-407.
- Rossouw C, Wintner SP, Bester-Van Der Merwe AE (2016). Assessing multiple paternity in three commercially exploited shark species: *Mustelus mustelus*, *Carcharhinus obscurus* and *Sphyrna lewini*. *J Fish Biol* 89:1125–1141. <https://doi.org/10.1111/jfb.12996>
- Saville KJ, Lindley AM, Maries EG, Carrier JC, Pratt HL (2002). Multiple paternity in the nurse shark, *Ginglymostoma cirratum*. *Environmental Biology of Fishes*, 63(3), 347-351.

- Schmidt JV, Chen CC, Sheikh SI, Meekan MG, Norman BM, Joung SJ (2010). Paternity analysis in a litter of whale shark embryos. *Endangered Species Research*, 12(2), 117-124.
- Schmidt L (2010). Psychosocial consequences of infertility and treatment. In *Reproductive endocrinology and infertility* (pp. 93-100). Springer, New York, NY.
- Shepherd T, Page F, Macdonald B (2002). Length and sex-specific associations between spiny dogfish (*Squalus acanthias*) and hydrographic variables in the bay of Fundy and Scotian shelf. *Fisheries Oceanography*, 11(2), 78– 89.
- Simpfendorfer CA, Heupel MR, Kendal D (2021). Complex human-shark conflicts confound conservation action. *Frontiers in Conservation Science*, 35.
- Stein RW, Mull CG, Kuhn TS, Aschliman NC, Davidson LN, Joy JB, Mooers AO (2018). Global priorities for conserving the evolutionary history of sharks, rays and chimaeras. *Nature ecology & evolution*, 2(2), 288-298.
- Stevens JD, Bonfil R, Dulvy NK, Walker PA (2000). The effects of fishing on sharks, rays, and chimaeras (chondrichthyans), and the implications for marine ecosystems. *ICES Journal of Marine Science*, 57(3), 476-494.
- Sundqvist L, Keenan K, Zackrisson M, Prodöhl P, Kleinhans D (2016). Directional genetic differentiation and relative migration. *Ecology and evolution*, 6(11), 3461-3475.
- Tallmon DA, Gregovich D, Waples R, Baker CS 2010. When are genetic methods useful for estimating contemporary abundance and detecting population trends? *Molecular Ecology Resources* 10(4):684-692.
- Thorburn J, Jones R, Neat F, Pinto C, Bendall V, Hetherington S, Jones C (2018). Spatial versus temporal structure: Implications of inter-haul variation and relatedness in the North-east Atlantic spurdog *Squalus acanthias*. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 28(5), 1167-1180.
- Townsend R, Stow A, Asmyhr M, Momigliano P (2015). Multiple paternity in captive grey nurse sharks (*Carcharias taurus*): implications for the captive breeding of this critically endangered species. *Pacific Conservation Biology*, 21(2), 122-125.
- Vargas-Caro C, Bustamante C, Bennett MB, Ovenden JR (2017). Towards sustainable fishery management for skates in South America: The genetic population structure of *Zearaja chilensis* and *Dipturus trachyderma* (Chondrichthyes, Rajiformes) in the south-east Pacific Ocean. *PLoS One*, e0172255.
- Veríssimo A, Grubbs D, McDowell J, Musick J, Portnoy D (2011). Frequency of multiple paternity in the spiny dogfish *Squalus acanthias* in the Western North Atlantic. *Journal of Heredity*. 102, 88-93.

- Veríssimo A, Zaera-Perez D, Leslie R, Iglésias SP, Séret B, Grigoriou, P, Hernández S (2017). Molecular diversity and distribution of eastern Atlantic and Mediterranean dogfishes *Squalus* highlight taxonomic issues in the genus. *Zoologica Scripta*, 414-428.
- Veríssimo A, McDowell JR, Graves JE (2010). Global population structure of the spiny dogfish *Squalus acanthias*, a temperate shark with an antitropical distribution. *Molecular Ecology*, 19(8), 1651-1662.
- Vianna ST, de Carvalho MR & Gomes UL (2016). Taxonomy and morphology of species of the genus *Squalus* Linnaeus, 1758 from the Southwestern Atlantic Ocean (Chondrichthyes: Squaliformes: Squalidae). *Zootaxa*, 4133, 1–89.
- Waples RS (2016). Making sense of genetic estimates of effective population size.
- Weigmann S (2016). Annotated checklist of the living sharks, batoids and chimaeras (Chondrichthyes) of the world, with a focus on biogeographical diversity. *Journal of Fish Biology*, 88(3), 837-1037.
- Weir BS, Anderson AD, Hepler AB (2006). Genetic relatedness analysis: modern data and new challenges. *Nature Reviews Genetics*. 7: 771 – 780.
- White, Iglésias SP (2011). *Squalus formosus*, a new species of spurdog shark (Squaliformes: Squalidae), from the Western North Pacific Ocean. *Journal of Fish Biology*, pp. 1-15.
- Wosnick N, Awruch CA, Adams KR, Gutierre SMM, Bornatowski H, Prado AC, & Freire CA (2019). Impacts of fisheries on elasmobranch reproduction: high rates of abortion and subsequent maternal mortality in the shortnose guitarfish. *Animal Conservation*, 198-206.
- Zhang HW, Yin SW, Zhang LJ, Hou XY, Wang YY (2015). Development and validation of single nucleotide polymorphism markers in *Odontobutis potamophila* from transcriptomic sequencing.

8. Produção bibliográfica e científica, desenvolvida durante o mestrado

Premiação

Menção honrosa ao prêmio Horácio Schneider na área de Genética Animal no 66º Congresso Brasileiro de Genética, com o trabalho intitulado “A part of the story of spiny dogfish (*Squalus*) told by molecular SNPs markers” realizado nos dias 13 à 16 de setembro de 2021.

Livro

Beatriz Rochitti Boza, Ailton Amarante Ariza, Vanessa Paes da Cruz, Matheus Marcos Rotundo, Fausto Foresti e Claudio Oliveira. Tubarões e raias: um mergulho no

conhecimento/Beatriz Rochitti Boza. 1ª edição, Botucatu, 2021. ISBN: 978-65-89398-10-3.

Capítulos de livro

Beatriz Rochitti Boza, Vanessa Paes da Cruz, Bruno de Campos Souza e Claudio Oliveira. As raias chicote. Capítulo do livro Encontros e Desencontros com tubarões e raias: uma história não contada por pesquisadores brasileiros/Hugo Bornatowski. 1ª edição. Pág. 69-71. Blumenau, 2021. ISBN: 978-65-00-15764-2.

Bruno de Campos Souza, **Beatriz Rochitti Boza**, Vanessa Paes da Cruz e Fausto Foresti. As raias ticonhas. Capítulo do livro Encontros e Desencontros com tubarões e raias: uma história não contada por pesquisadores brasileiros/Hugo Bornatowski. 1ª edição. Pág. 84-87. Blumenau, 2021. ISBN: 978-65-00-15764-2.

Artigos publicados

Johnatas Adelir Alves, Daphne Spier, Leonardo Francisco Machado, **Beatriz Rochitti Boza**, Humberto Luiz Nadolny Gerum, Henry Louis Spach, Claudio Oliveira. *Plectorhinchus macrolepis* Boulenger, 1899 (Actinopterygii: Haemulidae) in the Western Atlantic. Publicado em Journal of Fish Biology, em agosto/2019.

Artigos publicados sem fator de impacto

Beatriz Rochitti Boza, Aisni Mayumi Corrêa de Lima Adachi, Giovana da Silva Ribeiro, Bruno Campos Souza, Ailton Amarante Ariza, Matheus Marcos Rotundo, Fausto Foresti, Vanessa Paes da Cruz e Claudio Oliveira. *Hypanus guttatus* (Bloch e Schneider, 1801) foi publicado no Boletim da Sociedade Brasileira de Ictiologia, na edição 132 – ISSN 1808-1436 de Junho/2020.

Ailton Amarante Ariza, **Beatriz Rochitti Boza**, Matheus Marcos Rotundo, Vanessa Paes da Cruz, Claudio Oliveira. *Eucinostomus argenteus* (Baird & Girard, 1855). Publicado em Boletim SBI – Sociedade Brasileira de Ictiologia, ISSN: 1808-1436, Edição nº133, em setembro/2020.

Bruno Campos Souza, Giovana da Silva Ribeiro, Aisni Mayumi Corrêa de Lima Adachi, **Beatriz Rochitti Boza**, Matheus Marcos Rotundo, Claudio Oliveira, Vanessa Paes da Cruz e Fausto Foresti. *Rioraja agassizii* (Muller & Henle, 1841). Publicado em Boletim SBI – Sociedade Brasileira de Ictiologia, ISSN: 1808-1436, Edição nº133, em setembro/2020.

Aisni Mayumi Corrêa de Lima Adachi, Giovana da Silva Ribeiro, **Beatriz Rochitti Boza**, Bruno Campos Souza, Yghor Gloscof, Pablo Henrique de Oliveira, Matheus

Marcos Rotundo, Claudio Oliveira, Vanessa Paes da Cruz, Fausto Foresti. *Aetobatus narinari* (Euphrasen, 1790). Publicado em Boletim SBI – Sociedade Brasileira de Ictiologia, ISSN: 1808-1436, Edição nº135, em março/2021.

Beatriz Rochitti Boza, Aisni M. C. L. Adachi, Ailton Amarante Ariza, Bruno Campos Souza, Giovana da Silva Ribeiro, Matheus Marcos Rotundo, Vanessa Paes da Cruz, Fausto Foresti e Claudio Oliveira. *Squalus albicaudus* Viana, Carvalho, Gomes, 2016. Publicado em Boletim SBI – Sociedade Brasileira de Ictiologia, ISSN: 1808-1436, Edição nº137, em setembro/2021.

Beatriz Rochitti Boza, Ailton Amarante Ariza, Vanessa Paes da Cruz, Fausto Foresti e Claudio Oliveira. *Potamotrygon falkneri* Castex, Maciel, 1963. Publicado em Boletim SBI – Sociedade Brasileira de Ictiologia, ISSN: 1808-1436, Edição nº138, em dezembro/2021.

Artigos submetidos

Beatriz Rochitti Boza, Vanessa Paes da Cruz, Gustavo Stabile, Matheus Marcos Rotundo, Fausto Foresti, Claudio Oliveira. DNA mini-barcodes revealed the foraging ecology of the largehead hairtail *Trichiurus lepturus* Linnaeus, 1758 from São Paulo, Brazil. Submetido em Neotropical Ichthyology, dezembro/2021.

Resumos apresentados em eventos internacionais e nacionais

Autoria no trabalho intitulado “A part of the story of spiny dogfish (*Squalus*) told by molecular SNP markers” no evento 66º Brazilian Congresso of Genetics, no período de 13 à 16 de setembro de 2021. Autores: **Beatriz Rochitti Boza**, Aisni Mayumi Corrêa de Lima Adachi, Giovana da Silva Ribeiro, Ailton Amarante Ariza, Fausto Foresti, Vanessa Paes da Cruz e Claudio Oliveira.

Coautoría no trabalho intitulado “Amplificação do DNA mitocondrial completo de peixes de oceano profundo” no evento XVI Semana Temática de Oceanografia, no período de 30 de agosto à 03 de setembro de 2021. Autores: Mariana Kuranaka, **Beatriz Rochitti Boza**, Beatriz Ferreira Dorini, Marcelo Roberto Souto de Melo, Fausto Foresti e Claudio Oliveira.

Coautoría no trabalho intitulado “DNA mini-barcodes revealed the foraging ecology of the largehead hairtail *Trichiurus lepturus* from São Paulo, Brazil” no evento 66º Brazilian Congresso of Genetics, no período de 13 à 16 de setembro de 2021. Autores: Mariana Kuranaka, **Beatriz Rochitti Boza**, Fausto Foresti, Vanessa Paes da Cruz e Claudio Oliveira.

Coautoría no trabalho intitulado “Identification of sharks of the genus *Carcharhinus* (Carcharhiniformes, Carcharhinidae) through barcode DNA” no evento 66º Brazilian

Congresso of Genetics, no período de 13 à 16 de setembro de 2021. Autores: Giovana da Silva Ribeiro, Aisni Mayumi Corrêa de Lima Adachi, **Beatriz Rochitti Boza**, Ailton Amarante Ariza, Claudio Oliveira, Vanessa Paes da Cruz e Fausto Foresti.

Coautoria no trabalho intitulado “One for all, all for one: understanding the Squalus albicaudus shark population” no evento 66º Brazilian Congresso of Genetics, no período de 13 à 16 de setembro de 2021. Autores: Aisni Mayumi Corrêa de Lima Adachi, **Beatriz Rochitti Boza**, Pollyana C. G. Roque, Marcelo Vianna, Matheus Marcos Rotundo, Giovana da Silva Ribeiro, Claudio Oliveira, Vanessa Paes da Cruz e Fausto Foresti.

Coautoria no trabalho intitulado “DNA metabarcoding protocol enhancement applied to extensive studies of ichthyoplankton” no evento 66º Brazilian Congresso of Genetics, no período de 13 à 16 de setembro de 2021. Autores: Gabriela Omura da Costa, André Batista Nobile, Bruno Cesar Rossini, Aline Teixeira, **Beatriz Rochitti Boza**, Fausto Foresti e Claudio Oliveira.

Autoria no trabalho intitulado “Investigando a diversidade genética do tubarão cação-bagre-espinhoso (Squalidae, Chondrichthyes) com SNPs, na costa da Argentina” no evento II ELASMulheres, no período de 06 à 12 de novembro de 2021. Autores: **Beatriz Rochitti Boza**, Aisni Mayumi C. L. Adachi, Giovana da Silva Ribeiro, Ailton Amarante Ariza, Fausto Foresti, Vanessa Paes da Cruz e Claudio Oliveira.

Autoria no trabalho intitulado “Estudo dos elementos repetitivos no genoma de raias viola brasileiras Pseudobatos (Batoidea, Rhinobatidae)” no evento II ELASMulheres, no período de 06 à 12 de novembro de 2021. Autores: **Beatriz Rochitti Boza**, Francisco J. Ruiz Ruano, Fausto Foresti, Vanessa Paes da Cruz e Claudio Oliveira.

Coautoria no trabalho intitulado “Delimitação de espécies de cação-bagre (Squalidae: Squalus) através do DNA barcode” no evento II ELASMulheres, no período de 06 à 12 de novembro de 2021. Autores: Ailton Amarante Ariza, Aisni Mayumi C. L. Adachi, **Beatriz Rochitti Boza**, Pollyana Christine Gomes Roque, Fábio Hissa Vieira Hazin, Marcelo Vianna, Sergio Matías Delpiani, Juan Martín Díaz de Astarloa, Fausto Foresti, Vanessa Paes da Cruz e Claudio Oliveira.

Coautoria no trabalho intitulado “Identificação molecular e delimitação de espécies em raias do gênero *Hypanus* e *Dasyatis*” no evento II ELASMulheres, no período de 06 à 12 de novembro de 2021. Autores: Mariana Kuranaka, **Beatriz Rochitti Boza**, Tathiana S. Dorini, Ailton Amarante Ariza, Matheus Marcos Rotundo, Alexandre Pires Marceniuk, Marcelo Vianna, Fausto Foresti, Vanessa Paes da Cruz e Claudio Oliveira.

Coautoria no trabalho intitulado “Identificação molecular de tubarões da família Carcharhinidae (Elasmobranchii, Carcharhiniformes)” no evento II ELASMulheres, no

período de 06 à 12 de novembro de 2021. Autores: Giovana da Silva Ribeiro, Aisni Mayumi C. L. Adachi, **Beatriz Rochitti Boza**, Najila C. Dantas Cerqueira, Ailton Amarante Ariza, Beatriz Ferreira Dorini, Claudio Oliveira, Vanessa Paes da Cruz e Fausto Foresti.

Coautoria no trabalho intitulado “Análise do status genético de espécies de tubarões martelo, gênero *Sphyrna* (Elasmobranchii, Sphyrnidae)” no evento II ELASMulheres, no período de 06 à 12 de novembro de 2021. Autores: Giovana da Silva Ribeiro, Aisni Mayumi C. L. Adachi, **Beatriz Rochitti Boza**, Najila C. Dantas Cerqueira, Ailton Amarante Ariza, Claudio Oliveira, Vanessa Paes da Cruz e Fausto Foresti.

9. Outras atividades acadêmicas

Representação discente

Realizado no período 11/2019 – 11/2020. Desenvolvimento de atividade de representação discente do Programa de Pós Graduação em Ciências Biológicas (Genética), participando em reuniões mensais junto ao Conselho do Programa, com estudo e resolução das questões discentes e promovendo os repasses aos alunos.

Organização de eventos

Presidente da Comissão Organizadora do “XX Workshop de Genética” que, inicialmente, seria realizado no período de 3 a 5 de Abril de 2020, na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Campus de Botucatu, porém devido a Pandemia do novo Coronavírus, houve a necessidade de cancelar o evento.

Membro da Comissão Organizadora do XI Simpósio de Pós Graduação em Ciências Biológicas – Genética, do Instituto de Biociências, UNESP, Botucatu, realizado nos dias 5 e 6 de Novembro de 2020, de maneira remota, totalizando 12 horas.

Membro da Comissão Organizadora da 1ª edição do evento “WG week” realizado no período de 20 a 23 de Julho de 2021, de maneira remota, totalizando 40 horas.

Projetos de extensão

Projeto cascudinho: Conservação da Fauna Aquática nos Riachos de Botucatu, realizado no período de 01/03/2019 à 31/12/2019, na cidade de Botucatu/SP, com as escolas EMEF Prof.^a Nair Amaral e EE Manoel Patrício do Nascimento. O presente projeto foi desenvolvido na região de Botucatu-SP, onde se encontra uma vasta rede de rios e riachos com ocorrência de espécies endêmicas e visa realizar um programa de educação ambiental direcionado as jovens do ensino fundamental, visando à troca de saberes entre os alunos da UNESP e jovens das comunidades, afim de que estes conheçam melhor os recursos naturais da cidade, bem como os organismos que neles

habitam e sua relação com o ambiente. Foram desenvolvidas atividades práticas com alunos do ensino fundamental de escolas públicas em riachos do município com o intuito de que estes se aproximassem dos recursos naturais da região conhecendo os organismos que neles vivem e sua importância para as comunidades locais.