Códigos de barras genéticos: uma ferramenta para conservação e manejo dos tubarões

Verônica Dall'Acqua-Cruz[1]*
Letícia Rafaela de Morais[1]
Camila Yuki Sano Santos[1]
Mel Ayumi Tamada Silva[1]
Gabriela Idaline de Freitas[1]
Ricardo Utsunomia[1,2]
Fábio Porto-Foresti[1,2]

[1]Programa de Pós-graduação em Biociências (Interunidades) da Faculdade de Ciências, Câmpus de Bauru – UNESP.
[2]Departamento de Ciências Biológicas, Faculdade de Ciências, Câmpus de Bauru – UNESP.
*veronica.dallacqua@unesp.br

ISSN 2237-8766

E-MAIL:
APRENDENDO.CIENCIA@HOTMAIL.COM

Palavras-chave:

Genética molecular

Barcode

Espécies ameaçadas

Exploração pesqueira

Os tubarões têm a exploração pesqueira como a principal ameaça à sua sobrevivência, e suas populações vêm diminuindo consideravelmente desde a década de 1970. O interesse pela exploração dos tubarões ocorre em função da demanda pela carne, que é comumente comercializada como cação, e pelas nadadeiras, que são exportadas principalmente para o mercado asiático, onde são consideradas iguarias na culinária.

Além da exploração pesqueira, outro fator que dificulta a manutenção das populações dos tubarões é o próprio ciclo de vida, já que estes animais possuem características biológicas como crescimento lento, maturidade sexual tardia e baixo número de filhotes. Assim, morrem mais indivíduos do que nascem, o que leva muitas espécies a estarem entre as categorias de ameaça de extinção.

Considerando que o comércio de tubarão ocorre, em geral, de forma descaracterizada, em postas de cação e nadadeiras isoladas (dificultando a identificação do animal), há grandes chances de espécies ameaçadas estarem servindo de alimento para a população, que muitas vezes não sabe que está consumindo carne de tubarão ou

que não tem conhecimento sobre as ameaças a estes animais.

Assim, o monitoramento da exploração pesqueira desses animais torna-se fundamental a fim de conhecer as espécies e as quantidades de indivíduos que são capturados. Esta ação concilia com o Plano de Ação Nacional para a Conservação dos Tubarões e Raias Marinhos Ameaçados de Extinção – PAN Tubarões, que tem como objetivo geral "mitigar os impactos sobre os **elasmobrânquios** marinhos ameaçados de extinção no Brasil e de seus ambientes, para fins de conservação em curto prazo".

Além disso, as ações de monitoramento também harmonizam com a Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas – ONU, mais especificamente com o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 14 "Vida na água" que almeja a "conservação e uso sustentável dos oceanos, dos mares e dos recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável".

Contudo, conforme mencionado anteriormente, o conhecimento das espécies exploradas é dificultado pela forma descaracterizada do comércio, então, a genética molecular entra em cena como uma aliada para a identificação das espécies a partir de técnicas que envolvem o DNA.

A técnica molecular nomeada por *DNA Barcode*, que significa "código de barras do DNA", foi descrita por Hebert e seus colaboradores em 2003, em um trabalho realizado com borboletas. Neste estudo, foi elaborado um sistema de identificação que tem como base o **gene** COI (Citocromo C oxidase I) para animais. O COI é um gene que está presente nas mitocôndrias e possui algumas características que o tornam ideal, como a mutação mais lenta do que em outros genes e sua herança apenas materna, o que evita a mistura no material genético.

Com relação à técnica apresentada, as sequências de COI são individuais para cada espécie animal, sendo que cada sequência é formada por uma combinação das quatro bases nitrogenadas, presentes nos nucleotídeos que compõem a molécula de DNA. As bases nitrogenadas são Adenina (A), Timina (T), Citosina (C) e Guanina (G) e as sequências resultantes podem ser comparadas aos códigos de barras presentes em rótulos de produtos, que são derivados de combinações de 10 números. Da mesma forma que cada produto nas prateleiras dos mercados tem um código de barras único para a sua identificação, as espécies animais

possuem sequências exclusivas do gene COI (Figura 1).



Figura 1. Analogia entre a individualidade das sequências do gene COI para as espécies e os códigos de barras dos produtos de mercado. **Fonte:** elaborado pelos autores.

Para a execução da técnica de *DNA Barcode*, é necessário isolar o DNA de um fragmento de nadadeira ou tecido muscular e em seguida realizar a amplificação do gene COI, com um processo conhecido como PCR (*Polymerase Chain Reaction*), que pode ser comparado a uma "xerox molecular", uma vez que são feitas milhares de cópias desse gene para que seja possível estudá-lo. A análise desse gene ocorre como um processo de leitura, chamado de sequenciamento, em que a máquina lê a ordem das letras que representam as bases nitrogenadas (A, T, C, G) (Figura 2). Por fim, a sequência é comparada com bancos de dados *online* como o *GenBank* e o *BOLD Systems* (*Barcode of Life Database)*, e se houver a semelhança de 98% ou mais com as sequências já registradas, é

possível identificar com segurança a espécie de tubarão.



Figura 2. Sequência de técnicas laboratoriais da extração do DNA até o sequenciamento para a identificação da espécie. **Fonte:** elaborado pelos autores.

A técnica de *DNA Barcode* foi aplicada em trabalhos desenvolvidos no Laboratório de Genômica e Conservação de Peixes (Lagenpe) da Faculdade de Ciências - Unesp Bauru, para a identificação de tubarões comercializados em diferentes centros comerciais. Em 2016, os materiais foram coletados no norte do litoral paulista, em um ponto de desembarque e na Rua dos Peixes. Em 2020, a amostragem foi realizada no CEAGESP e em 2023, as amostras de nadadeiras foram coletadas no setor de exportação do Aeroporto Internacional de Guarulhos.

Ao longo desses três trabalhos, foram identificadas 17 espécies de tubarões, incluindo o tubarão-azul (*Prionace glauca*), o cação-frango (*Rhizoprionodon lalandii*), o tubarão-raposa (*Alopias vulpinus*), o tubarão-tigre (*Galeocerdo cuvier*), o tubarão-mako (*Isurus oxyrinchus*) e os tubarões-martelo (*Sphyrna* spp.), entre outros.

Estes resultados chamam a atenção porque 13 destas espécies estão presentes na Lista Vermelha de Espécies Ameaçadas da IUCN (União Internacional para a Conservação da Natureza). O cação-frango e o tubarão-raposa, por exemplo, são considerados “vulneráveis” (VU). O tubarão-mako está “em perigo” (EN) e os tubarões-martelo estão em situação ainda mais crítica, classificados como “criticamente em perigo” (CR).

Diante dos resultados apresentados, a técnica de *DNA Barcode* é um método já consolidado para a identificação de espécies. No entanto, vale destacar que o procedimento não é rápido e, assim, não auxilia no monitoramento da pesca durante a captura e no desembarque. Ainda assim, o sistema de

DNA Barcode permite identificar quais espécies de tubarões estão presentes no comércio, evidenciando que a fiscalização vigente não consegue impedir a pesca e o comércio ilegal de espécies ameaçadas de extinção. Por isso, os resultados de trabalhos de identificação de tubarões comercializados devem ser vistos como uma forma de levantamento de dados para orientar práticas de conservação e manejo desses animais.

GLOSSÁRIO

Elasmobrânquios – grupo de peixes cartilaginosos que inclui tubarões e raias.

Gene – unidade funcional da hereditariedade, formada por uma sequência de DNA composta por nucleotídeos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barreto, R.; Santos, R.A.; Targino, C.H.; Vizuete, E.P.; Dolphine, P.M.; Santander-Neto, J.; Scheiner, F.; Santana, F.M.; Rosa, R.S.; Kotas, J.E.; Gadig, O.B.F.; Lessa, R. 2023. Aperfeiçoamento do processo de gestão pesqueira e do marco legal para minimizar os impactos sobre os elasmobrânquios marinhos ameaçados de extinção: histórico e desafios. In: ICMBIO (org.). **Plano de ação nacional para a conservação dos tubarões e raias marinhos ameaçados de extinção (PAN-Tubarões).** Brasília: ICMBio, p. 119-149.

Daneluz, C.M. 2020. **DNA *Barcode* utilizado na identificação de tubarões comercializados no CEAGESP, São Paulo**. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas - Zoologia) - Instituto de Biociências, UNESP, Botucatu. Disponível em: http://hdl.handle.net/11449/193557. Acesso em: 14 out. 2025.

Gadig, O.B.F.; Rosa, R.S.; Kotas, J.E.; Santos, R.A.; Barreto, R. 2023. Biologia e modo de vida dos elasmobrânquios. In: ICMBIO (org.). **Plano de ação nacional para a conservação dos tubarões e raias marinhos ameaçados de extinção (PAN-Tubarões).** Brasília: ICMBio, p. 21-43.

Hebert, P.D.; Cywinska, A.; Ball, S.L.; deWaard, J.R. 2003. Biological identifications through DNA barcodes. **Proceedings of Biological Sciences**, 270: 313-321. DOI: http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2002.2218

Kotas, J.E.; Barreto, R.; Santos, R.A.; Lessa, R.; Rosa, R.S.; Vizuete, E.P.; Baggio, M.R.; Salge, P.G.; Tavares, F.E.; Gadig, O.B.F. 2023. In: ICMBIO (org.). **Plano de ação nacional para a conservação dos tubarões e raias**

marinhos ameaçados de extinção (PAN-Tubarões). Brasília: ICMBio, p. 86-117.

Ramos, M.G. 2016. **DNA *Barcoding* na identificação de espécies de tubarões exploradas comercialmente no litoral de São Paulo.** Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas - Zoologia) - Instituto de Biociências, UNESP, Botucatu. Disponível em: http://hdl.handle.net/11449/150114. Acesso em: 14 out. 2025.