

*Carcharodon carcharias*

## Capítulo 1

# BIOLOGIA E MODO DE VIDA DOS ELASMOBRÂNQUIOS

Otto B. F. Gadig, Ricardo S. Rosa, Jorge E. Kotas,  
Roberta A. Santos & Rodrigo R. P. Barreto



# 1. Introdução

Com este livro em mãos, você vai se deparar com informações sobre muitas espécies de tubarões e raias (cientificamente denominados elasmobrânquios), principalmente aquelas que se encontram na lista brasileira oficial de espécies ameaçadas de extinção (Portaria MMA n° 445, 2014, MMA, 2014). Vai saber que essas criaturas são importantes para o ambiente marinho e que, por apresentarem algumas características biológicas específicas, são muito susceptíveis às pescarias, motivo pelo qual suas populações estão sendo reduzidas drasticamente ou até mesmo sendo extintas. Além disso, com a leitura deste livro você tomará contato com muitas pesquisas feitas no Brasil e no mundo, por uma legião de dedicados e apaixonados profissionais e estudantes.

Neste contexto, podem surgir algumas perguntas. Quem são, como são, onde vivem e como vivem os elasmobrânquios? Quantas espécies vivem no Brasil? Quais são e como são as espécies contempladas no **Plano de Ação Nacional para Conservação dos Tubarões e Raias Marinhos Ameaçados de Extinção – PAN Tubarões**? Quais são as ameaças que estes animais sofrem, colocando em risco sua sobrevivência? Ou ainda, por que, afinal, é importante estudar e conservar os elasmobrânquios?

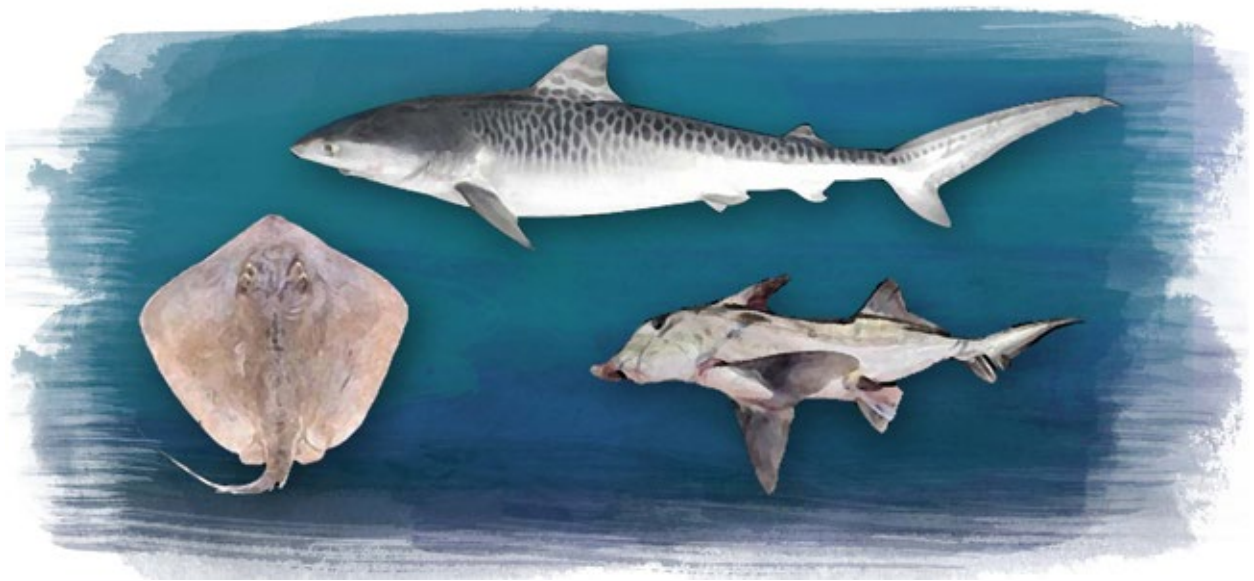
Este capítulo é justamente dedicado a responder parte dessas perguntas, apresentando a você um pouco sobre as características desses animais, como e onde vivem, as principais ameaças que pairam sobre eles – e que levaram à elaboração e implementação do **PAN Tubarões**, culminando na publicação deste livro –, entre outras informações.

Ao final deste capítulo, nas considerações finais, alinhamos toda a informação apresentada para justificar as razões que tornam as pesquisas sobre elasmobrânquios tão importantes e como elas podem ajudar em qualquer iniciativa que tenha como objetivo a conservação destes magníficos animais. Finalmente, também convidamos cada cidadão a refletir sobre sua responsabilidade em todo o processo ambiental e a pensar em formas de colaborar individualmente para a conservação destes animais para as futuras gerações.

## 2. Quem são os elasmobrânquios?

Mais popularmente chamados tubarões (ou cações) e raias (ou arraias), a subclasse Elasmobranchii (*elásma* = lâmina e *bránkhia* = brânquias) – os elasmobrânquios – são animais vertebrados que, junto com as quimeras (subclasse Holocephali), formam um grupo conhecido como peixes cartilagosos (classe Chondrichthyes: *chóndros* = cartilagem e *ichthýs* = peixe), cujo esqueleto é composto por cartilagens mineralizadas e não ossos verdadeiros, como na grande maioria dos vertebrados (**Figura 1.1**). Globalmente são conhecidas 1.220 espécies de Chondrichthyes, sendo 1.170 espécies de elasmobrânquios (520 tubarões e 650 raias) e 50 de quimeras. Nesse sentido, os elasmobrânquios constituem 96% das espécies de Chondrichthyes e pouco menos de 4% dos vertebrados assemelhados a peixes – são mais de 33 mil espécies de peixes ósseos (classe Actinopterygii), além dos peixes-bruxa, lampreias, celacantos e peixes pulmonados.

Os peixes cartilagosos apareceram na Terra há cerca de 420 milhões de anos, o que faz sua linhagem evolutiva ser antiga, resistindo bem até hoje, apesar das muitas ondas de extinção que o planeta sofreu. Diversas formas fósseis de tubarões e raias são muito parecidas com os representantes atuais, mostrando que, ao longo de 400 milhões de anos, suas modificações foram relativamente pequenas, se comparadas a outros grupos de vertebrados mais recentes. Poucas transformações evolutivas em um longo período de tempo indicam um grupo bem adaptado ao ambiente em que vivem. Como resultado do processo evolutivo, estes animais exibem uma grande diversidade morfológica e numerosas características anatômicas e biológicas que os favorecem como predadores dominantes, ocupando de forma bem-sucedida praticamente todos os *habitats* aquáticos. Mesmo numericamente inferiores aos peixes ósseos, os elasmobrânquios têm um papel destacado na teia alimentar, alimentando-se de uma grande diversidade de peixes ósseos, além de diversos outros organismos.



**Figura 1.1** – Classe Chondrichthyes (peixes cartilagosos): Subclasse Elasmobranchii - tubarões (no alto, representado pelo tubarão-tigre, *Galeocerdo cuvier*) e raias (abaixo à esquerda, a raia-prego, *Dasyatis hypostigma*); subclasse Holocephali - quimeras (abaixo à direita, uma *Callorhynchus callorynchus*) (fotos: Otto Gadig).

### 3. Como eles são?

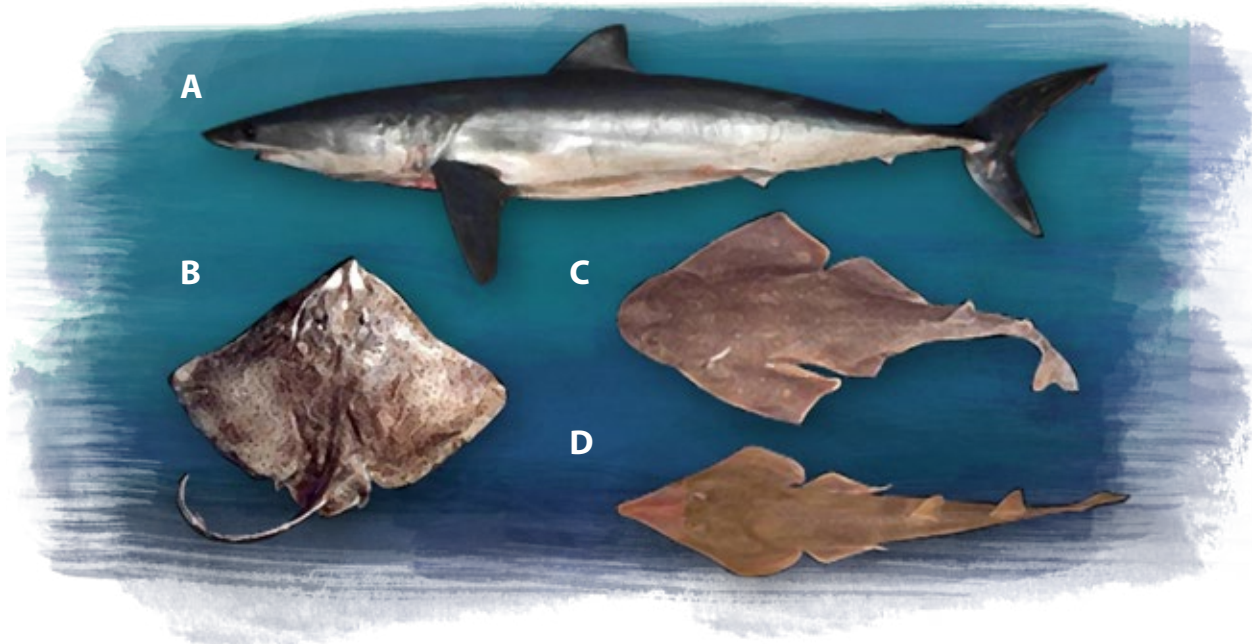
Além do esqueleto cartilaginoso, os elasmobrânquios possuem outras características únicas, como a pele recoberta por um tipo de “escama” – não uma escama verdadeira, mas, na verdade, dentículos dérmicos (pequenos dentes na pele, isso mesmo). Os machos possuem um par de órgãos copuladores, associados às nadadeiras pélvicas, chamados de “clásper” e que são utilizados durante o acasalamento, garantindo que os espermatozoides sejam transferidos para a fêmea.

Os elasmobrânquios (tubarões e raias) diferem dos holocéfalos (quimeras): enquanto tubarões e raias possuem de cinco a sete pares de aberturas branquiais externas, cada uma se comunicando com o meio externo independente da outra, as quimeras possuem apenas uma abertura. Além disso, as quimeras são dotadas de um grande espinho móvel, anterior à nadadeira dorsal, enquanto muitas espécies de tubarões podem também ter espinhos anteriores, tanto à primeira nadadeira dorsal quanto à segunda. Nas raias, há o ferrão da cauda, presente na grande maioria dos representantes da ordem Myliobatiformes, como as raias-chita, *Aetobatus narinari* e as raias-prego (família Dasyatidae).

Tubarões e raias normalmente são diferenciados por algumas características morfológicas externas (**Figura 1.2**), ainda que essas diferenças sejam apenas didáticas, já que ambos fazem parte do mesmo grupo taxonômico (os elasmobrânquios). Normalmente os tubarões exibem corpo alongado e roliço, como uma adaptação para

maior mobilidade ao nadar, e poucas espécies têm o corpo mais achatado (caçõs-anjo, gênero *Squatina*). As aberturas branquiais localizam-se na parte lateral da cabeça e as nadadeiras peitorais são bem destacadas do tronco. A maioria dos tubarões possui duas nadadeiras dorsais (poucas espécies com uma) e muitos têm também uma nadadeira anal. Contudo, há tubarões que não apresentam nadadeira anal, como diversas espécies de caçõs-bagre (ordem Squaliformes). As raias, por sua vez, normalmente são achatadas, uma adaptação para viver no fundo, e as aberturas branquiais são posicionadas na parte ventral da cabeça, com as nadadeiras peitorais largas e unidas ao restante do corpo. Muitas raias têm o corpo mais alongado, com nadadeiras dorsais e cauda destacadas, como pode ser observado nas raias-viola (*Pseudobatos*, *Zapteryx brevirostris*) e nos peixe-serra (*Pristis*), enquanto tantas outras têm a parte posterior do corpo mais afilada, com ou sem nadadeiras dorsais, e que podem exibir os ferrões caudais (ordem Myliobatiformes).

Ou seja, existem tubarões e raias bem parecidos entre si, quanto à morfologia externa – como é o caso dos peixes-serra ou raias-serra (gênero *Pristis*), muito semelhantes aos tubarões-serra (gênero *Pristiophorus*). A forma corporal desses animais é bastante similar: alongada, com nadadeiras peitorais se destacando do tronco e o focinho se projetando anteriormente, em forma de serra. No entanto, existem pequenas diferenças anatômicas que distinguem esses dois grupos, embora a separação morfológica que normalmente se usa para separar tubarões de raias nem sempre funcione neste caso. No Brasil, encontramos apenas os peixes-serra, já que os tubarões-serra não ocorrem em nosso país.



**Figura 1.2** – Diversidade morfológica dos elasmobrânquios. A) Tubarão-anequim (*Isurus oxyrinchus*), um típico tubarão de corpo fusiforme e nadadeiras peitorais destacadas da cabeça; B) Raia-chita (*Atlantoraja castelnaui*), uma típica raia, com nadadeiras peitorais largas e não destacadas do tronco; C) Tubarão achatado como uma raia, o cação-anjo (*Squatina occulta*); D) Raia-viola (*Pseudobatos horkelii*), com corpo alongado e também conhecida como cação-viola (fotos: Otto Gadig).



## 4. Onde vivem e como estão distribuídos?

Os elasmobrânquios habitam a grande maioria dos ecossistemas aquáticos, incluindo ambientes de água doce, mas ocupando principalmente o ambiente marinho. Com relação ao tipo de *habitat* ao qual estão associados, os elasmobrânquios marinhos podem entrar em ambientes de água doce, como lagoas costeiras, ambientes de transição, como estuários, além de regiões específicas de água salgada, como áreas rasas de costa, baías, enseadas, fiordes e recifes de corais, normalmente no entorno de ilhas costeiras e oceânicas. Os elasmobrânquios marinhos também podem ocupar até mesmo regiões oceânicas, mais distantes. Diversas espécies de raias, porém, podem habitar exclusivamente ambientes de água doce, elas são da família Potamotrygonidae (composta por raias dulcícolas, exceto duas espécies), distribuídas em diversas bacias hidrográficas da América do Sul. Além disso, outras espécies de tubarões e raias, ainda que marinhos, fazem incursões na água doce, como o tubarão-cabeça-chata (*Carcharhinus leucas*), que percorre longas distâncias rio adentro, em vários sistemas de água doce do mundo (Amazonas, rios africanos, asiáticos, australianos, entre outros). Nesse sentido, os elasmobrânquios diferem das quimeras, já que estas são exclusivamente marinhas e normalmente vivem em águas mais profundas.

A maior diversidade de espécies de elasmobrânquios, no entanto, é marinha. Esses animais distribuem-se principalmente nas áreas tropicais e subtropicais, ainda que muitas espécies vivam em águas temperadas e frias, incluindo as regiões polares. Muitas espécies oceânicas ocorrem no mundo inteiro, enquanto outras se restringem a um ou dois oceanos e um grande número de espécies apresentem uma distribuição mais restrita a trechos menores de costa. A distribuição vertical também é ampla, com espécies de águas rasas costeiras ou superficiais e outras que podem ser encontradas em profundidades superiores a 2.000 metros. As espécies mais hidrodinâmicas apresentam boa mobilidade e por isso são normalmente boas nadadoras, ocupando a coluna d'água, como é o caso da maioria dos tubarões: o cação-baía (*Carcharhinus plumbeus*), o tubarão-galha-branca-oceânico (*Carcharhinus longimanus*), o tubarão-azul (*Prionace glauca*), o tubarão-branco (*Carcharodon carcharias*) e algumas raias filtradoras de plâncton (como as mantas, da família Mobulidae). Outras espécies vivem mais associadas ao fundo, como os cações-anjo (*Squatina*) e a grande maioria das raias; outras ainda vagueiam entre o fundo e a coluna d'água, como o tubarão-lixo (*Ginglymostoma cirratum*), o tubarão-limão (*Negaprion brevirostris*) (Figura 1.3) e algumas raias.



nadador da coluna d'água (foto: Guy Marcovaldi), e à direita a raia-de-fogo (*Hypanus marianae*), que vive junto ao fundo (foto: Cláudio L. Sampaio).

## 5. Como caçam e se alimentam?

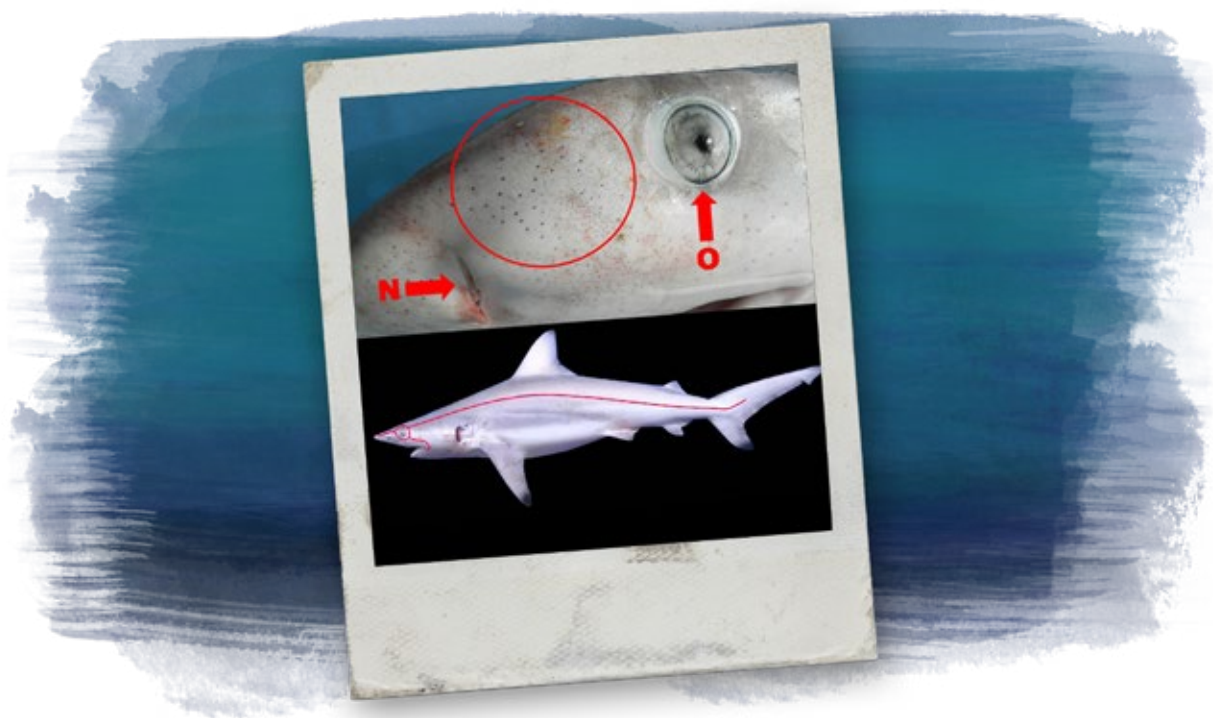
Os elasmobrânquios são caçadores magníficos e por isso se alimentam de uma grande diversidade de presas. Ao longo de milhões de anos de evolução, esses animais desenvolveram muitas estratégias comportamentais de caça em diversos tipos de *habitat*, orientadas por um conjunto de órgãos sensoriais extraordinariamente desenvolvidos, que permitem detectar estímulos de várias naturezas e intensidades. Se pensarmos nos seres humanos como comparação, nossa espécie é capaz de perceber estímulos químicos (olfato e paladar), luminosos (visão) e mecânicos (audição e tato): os famosos cinco sentidos. Os elasmobrânquios, por sua vez, percebem estímulos químicos (olfato, paladar), luminosos (visão), mecânicos (audição, tato e linha lateral) e também eletromagnéticos (ampolas de Lorenzini) (**Figura 1.4**). Ou seja, humanos usam cinco sentidos para perceber três tipos de estímulos, enquanto os elasmobrânquios usam sete sentidos para captar estímulos de quatro tipos. Sensorialmente, não somos páreo. A maioria desses órgãos contribui para a localização de presas, mas também atuam na orientação para navegação e execução de movimentos pelos oceanos. Normalmente, os pesquisadores indicam que os sentidos mais importantes na localização de presas são





o olfato, linha lateral, visão e ampolas de Lorenzini. Questões sobre a eficiência, como e quando os elasmobrânquios usam esses órgãos, ainda são bem debatidas: a maioria dos pesquisadores concorda que o olfato seja responsável por perceber os estímulos a distâncias maiores, no entanto o uso dos outros sentidos dependeria de vários fatores, ou seja, como é a espécie envolvida e o *habitat* ao qual ela está associada, entre outros.

Contrariamente ao que o público pensa, a visão é bem desenvolvida e poucos vertebrados são tão capazes de enxergar no escuro como os tubarões e raias. Enxergam melhor do que qualquer mergulhador usando máscara, em qualquer condição. O globo ocular dos elasmobrânquios tem anatomia similar à de todos os vertebrados, mas algumas modificações na retina os tornam mais sensíveis à luz, fazendo com que estes animais sejam capazes de detectar os mais fracos estímulos luminosos. Normalmente, as espécies de águas mais profundas possuem olhos maiores e retinas bem equipadas com células refletoras de luz, enquanto espécies de águas turvas e costeiras tendem a ter olhos relativamente menores e, nestes casos, a visão aparentemente teria uma importância secundária na busca por alimento.



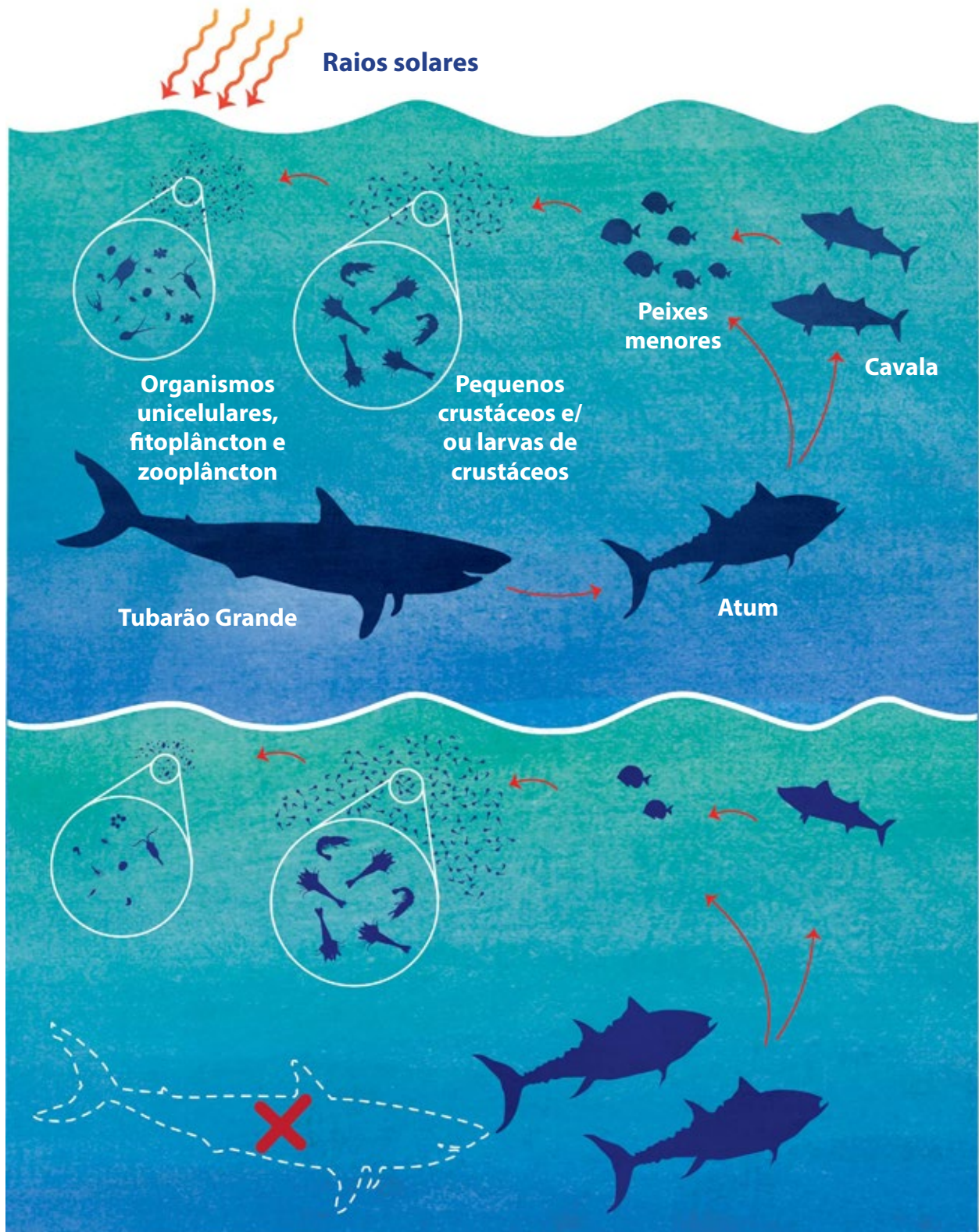
**Figura 1.4** – Os sentidos dos elasmobrânquios. No alto, o detalhe da cabeça de um tubarão-tigre (*Galeocerdo cuvier*), mostrando a abertura nasal (N - olfato), os poros das ampolas de Lorenzini, responsáveis por perceber estímulos eletromagnéticos (dentro do círculo) e os olhos (O - visão, excelente na escuridão). Na imagem inferior, um tubarão-galha-preta (*Carcharhinus limbatus*), demarcada com linha vermelha na posição da linha lateral (fotos: Otto Gadig).

Comum em peixes e anfíbios, a linha lateral é um órgão que permite detectar vibrações na água. Embora típica de animais aquáticos, em nenhum deles a linha lateral é tão desenvolvida quanto nos elasmobrânquios. Localizada lateralmente ao longo do corpo, este órgão é formado por milhares de poros por onde a água penetra e estimula células especializadas em receber as diferentes vibrações da água ao redor. Ou seja, praticamente o corpo inteiro do animal recebe alguma pressão da água que o circunda, produzindo leituras desse contato. Nesse sentido, é bem possível que os incidentes com tubarões envolvendo surfistas e banhistas tenham sido desencadeados pelas vibrações na água criadas por essas pessoas, sendo um atrativo importante.

Ainda assim, o olfato é considerado, por muitos pesquisadores, como o sentido mais sensível e desenvolvido dos elasmobrânquios, principalmente em tubarões. As duas aberturas nasais se localizam na parte ventral do focinho, à frente da boca. Na medida em que a água circundante banha as narinas e seus tecidos, o animal percebe as partículas de odor, que incluem desde fluídos corpóreos de outros animais, como sangue e urina, além de outras substâncias químicas, como ácidos, óleos etc. A capacidade olfativa já foi testada em algumas espécies e mostrou resultados surpreendentes, indicando que alguns tubarões predadores podem sentir diluições mínimas de sangue mesmo em milhares de litros de água.

Na natureza, pouquíssimos animais são capazes de perceber estímulos eletromagnéticos e os elasmobrânquios são um deles. As ampolas de Lorenzini, responsáveis por esse sentido, são estruturas situadas na região ventral e lateral da cabeça dos tubarões e amplamente distribuídas na superfície ventral das raias. São câmaras cheias de células nervosas que se comunicam com o exterior por meio de milhares de poros, cada qual associado a um tubo cheio de uma substância gelatinosa, capaz de conduzir a eletricidade até essas câmaras. Além de útil na procura e captura de presas enterradas (que emitem um campo elétrico ao seu redor), esse órgão especial também é usado na navegação e orientação nos oceanos, por permitir a percepção do campo magnético. Chega a ser impressionante se pensarmos como humanos, mas para grandes predadores e navegadores essas estruturas são bem úteis e altamente sensíveis para dar conta do recado, à semelhança dos aviões operando por instrumentos.

Com relação ao alimento, muitas espécies de elasmobrânquios são predadores do topo da teia alimentar, como os tubarões, enquanto as raias ocupam uma posição intermediária (**Figura 1.5**). Esses animais são importantes para a manutenção do equilíbrio dos ecossistemas especialmente por sua alimentação incluir uma grande quantidade de presas, cumprindo um papel vital no controle das populações marinhas. Além disso, a qualidade genética das presas também melhora, já que, por causa da pressão desses predadores, as presas mais capacitadas têm maior chance de sobrevivência e, assim, os elasmobrânquios indiretamente selecionam os indivíduos mais aptos destas populações.



**Figura 1.5** – Cadeia alimentar marinha. Os tubarões são considerados topo da teia alimentar, ou seja, o consumidor final, auxiliando no equilíbrio do ecossistema. Na figura acima, a retirada do tubarão aumentaria a quantidade de atuns e, conseqüentemente, diminuiria as populações de cavala e peixes pequenos, o que poderia contribuir com o aumento da população de pequenos crustáceos e diminuição de seres unicelulares.

Anatomicamente, há também uma grande diversidade de estruturas no aparelho mandibular, com dentições de morfologias muito distintas, indicando muitas vezes o tipo de alimento que os elasmobrânquios consomem. A maioria dos tubarões tem dentes encaixados individualmente na arcada dentária e com pontas destacadas, bordas cortantes lisas ou serrilhadas, para cortar ou rasgar suas presas – como é o caso do tubarão-tigre (*Galeocerdo cuvier*) –, ou como ponta de lança para empalar as suas presas e engoli-las – como é o caso do cação-mangona (*Carcharias taurus*). Nas raias, a maioria das espécies tem os dentes mais achatados e organizados em placas dentárias, para triturar caranguejos, mariscos e outros organismos associados ao fundo. Como comparação, a mandíbula das quimeras é presa e fusionada ao crânio, enquanto a arcada dentária dos elasmobrânquios é relativamente frouxa e livre, com alta capacidade de articulação e projeção. A dinâmica de movimento da arcada dentária é fundamental no processo de captura do alimento (**Figura 1.6**): tubarões predadores das ordens Lamniformes e Carcharhiniformes, por exemplo, projetam a arcada dentária à frente, compensando a posição inferior da boca, enquanto as raias de fundo também mostram grande capacidade de movimentação da arcada, projetando-a para baixo quando tentam capturar pequenos alimentos no fundo. São diversas as variações neste modo de projeção e articulação da mandíbula nos elasmobrânquios, o que lhes dá possibilidades de capturar alimentos de várias maneiras.



**Figura 1.6** – O crânio de um tubarão-anequim (*Isurus oxyrinchus*), mostrando a arcada dentária poderosa e bem articulada. Quando o animal abre a boca, a ação de músculos e peças de apoio da mandíbula faz com que ela se projete à frente (foto: Otto Gadig).



Nesse sentido, a diversidade de presas consumidas é enorme (**Figura 1.7**). Muitas espécies de tubarões de médio e grande porte alimentam-se principalmente de peixes e outros vertebrados marinhos, como mamíferos, répteis e mesmo aves, além de invertebrados marinhos, como cefalópodes (lulas e polvos) e crustáceos (caranguejos, camarões e lagostas). Já a maioria das raias e diversos tubarões de pequeno a médio porte consomem somente pequenos peixes e invertebrados. Existem ainda elasmobrânquios especializados em consumir determinados grupos de presas, como o tubarão-branco (*Carcharodon carcharias*), que tem grande preferência por mamíferos marinhos, principalmente focas e leões-marinhos. O tubarão-tigre (*Galeocerdo cuvier*) e o tubarão-cabeça-chata (*Carcharhinus leucas*), por sua vez, são menos exigentes e suas presas podem incluir desde invertebrados, peixes de vários tamanhos até mamíferos (baleias e golfinhos) e répteis (especialmente as tartarugas marinhas). Estas duas espécies são costeiras e também conhecidas por eventualmente consumir animais terrestres que caem no mar ou entram na água para se banhar – como o cabeça-chata, que ataca mamíferos terrestres em grandes rios do mundo, com registro de ataques contra hipopótamos na África, por exemplo. O tubarão-martelo (*Sphyrna mokarran*), além de peixes e invertebrados, especializou-se em capturar e consumir raias: utilizam a cabeça larga, expandida para os lados, para prender as raias no fundo, impedindo que elas batam as nadadeiras peitorais em fuga. Existem muitos registros conhecidos de casos em que os ferrões dessas raias foram encontrados cravados na mandíbula e boca do tubarão-martelo. No estômago de muitos desses grandes tubarões já foram encontrados itens que não são alimento, como artefatos feitos pelo homem (peças de couro, metais, plástico etc.). Isso acontece possivelmente porque os elasmobrânquios são predadores oportunistas e curiosos, que às vezes atacam tais materiais por sentirem algum tipo de atração. Além disso, há cada vez mais lixo nos oceanos e encontrar coisas esquisitas nos estômagos de tubarões, raias e outros animais marinhos não é mais algo tão raro.

Outra forma interessante de alimentação nos elasmobrânquios é o consumo de zooplâncton – pequenos organismos que derivam nas correntes, normalmente larvas de muitos animais e adultos de outros, mas sempre muito pequenos – e pequenos peixes, feita por espécies relativamente grandes. É o caso do tubarão-baleia (*Rhincodon typus*) com 18 m de comprimento total (CT), do tubarão-gigante (*Cetorhinus maximus*) com 10 a 12 m de CT, do megaboca (*Megachasma pelagios*), com 5,5 m de CT e das raias da família Mobulidae (raias-manta), que medem entre 1,2 e 6,5 m de largura de disco. Esses elasmobrânquios se alimentam nadando com a boca bem aberta para que a água rica em zooplâncton passe por ela e seja filtrada nas fendas branquiais, onde ficam retidos os organismos para consumo. Esse é um processo de alimentação por filtração, comum nesses animais de grande porte.

O estudo da alimentação em elasmobrânquios é de grande importância. Estes animais são grandes predadores e, por isso, bons indicadores da saúde do ecossistema onde se inserem – mesmo que o tipo de alimento consumido varie muito, inclusive dentro da mesma espécie, uma vez que o alimento pode ter relação com o tamanho do predador, *habitat* que ele explora, etc.



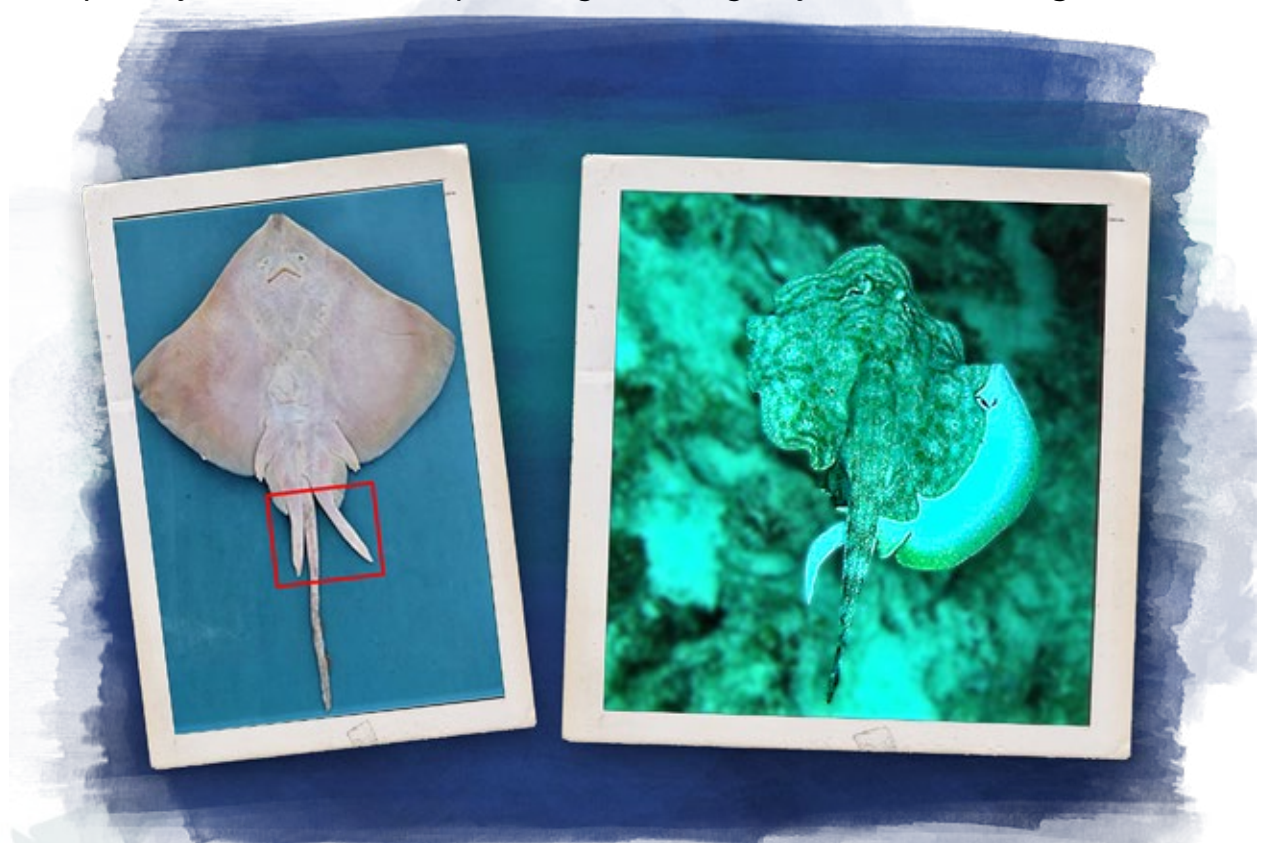
**Figura 1.7** – Exemplos de itens alimentares em elasmobrânquios. No alto à esquerda, ossos de vários peixes retirados de um cação-baía (*Carcharhinus obscurus*); no alto à direita um tubarão-flamengo (*Carcharhinus acronotus*) devorado parcialmente por um tubarão maior; embaixo à esquerda um peixe maior cortado em pedaços por um cação-mangona (*Carcharias taurus*); e embaixo à direita, mesmo não sendo alimento natural, alguns objetos estranhos podem ser encontrados em estômagos de tubarões, como este sapato, tirado de um tubarão-tigre (*Galeocerdo cuvier*) (fotos: Otto Gadig).

## 6. Como se reproduzem?

Uma das características biológicas mais fascinantes sobre os elasmobrânquios é sua reprodução: neles encontramos uma grande diversidade de estratégias para nutrir os embriões e aumentar suas chances de sobrevivência. A importância dos estudos sobre reprodução é enorme, já que os dados são fundamentais ao entendimento da história de vida das espécies e sua capacidade de suportar a interferência do homem. Conhecendo aspectos como o tempo de gestação, número e tamanho dos filhotes



produzidos, idade e tamanho com que atingem a maturidade sexual, época e local de nascimento, entre outras informações, é possível estabelecer medidas com potencial para proteger as espécies contra o impacto da pesca. Os elasmobrânquios são muito suscetíveis à pesca porque em geral essas espécies formam agregações reprodutivas. Para agravar essa vulnerabilidade, muitos elasmobrânquios têm gestações longas e atingem a maturidade sexual com idade avançada e tamanho relativamente grande, produzindo poucos filhotes. Estes animais apresentam fecundação interna e, ao contrário da grande maioria dos outros peixes, os machos possuem um par de órgãos especializados para copular a fêmea – chamados “cláspers” e que são modificações nas nadadeiras pélvicas. Na prática, essas estruturas têm a mesma função do pênis dos machos de mamíferos. A diferenciação entre os sexos é feita observando se o animal possui ou não tais órgãos, localizados individualmente junto à margem interna das nadadeiras pélvicas. O comportamento de acasalamento é muito variado e exige algum malabarismo do casal para se posicionar de um modo que o macho consiga introduzir um dos “cláspers” na abertura genital da fêmea. Há espécies que copulam quase imóveis no fundo, enquanto outras copulam enquanto nadam e, nestes casos, normalmente o macho morde a fêmea para conseguir se prender ao seu corpo. Estes e outros comportamentos complexos têm como objetivo sempre favorecer o sucesso da reprodução e, como consequência, garantir a geração de filhotes (**Figura 1.8**).



**Figura 1.8** – À esquerda, vista ventral de uma raia-santa (*Rioraja agassizi*), onde se observam os cláspers (quadrado vermelho) (foto: Otto Gadig); à direita, um casal da raia *Urobatis jamaicensis* copulando no fundo, com os ventres colados um no do outro; o macho está de ventre para cima (foto: Alfredo Carvalho).

Após a cópula e posterior fecundação, os embriões são nutridos de várias maneiras e essa enorme variação é uma característica marcante dos elasmobrânquios. Os dois principais meios nutricionais são o vitelo, para maioria das espécies como, o cação-anjo, as raias e a raia-viola, e os fluídos maternos transferidos pela placenta, comum em muitos tubarões da ordem Carcharhiniformes, como é o caso dos tubarões-martelo e do cabeça-chata. Portanto, de um modo geral, existem duas grandes categorias de modos reprodutivos em tubarões e raias: os ovíparos e os vivíparos (**Figura 1.9**).

No primeiro caso, a fêmea produz cápsulas ovígeras (popularmente chamadas de ovos), bem resistentes, que são desovadas no ambiente marinho depois de passarem um tempo no útero. Após a desova, o embrião passará o tempo restante de seu desenvolvimento no ambiente, mas no interior da cápsula ovígera resistente, ou seja, sempre dentro do ovo, e consumindo o vitelo. Isso acontece até que o embrião cresça e rompa a casca, saindo para o ambiente externo, onde vai viver. O tempo que o ovo passa no útero e o número de ovos produzidos pela fêmea varia entre as espécies, embora na maioria dos elasmobrânquios ovíparos os ovos sejam liberados cedo no ambiente. A reprodução ovípara acontece em todas as raias da ordem Rajiformes (raias-emplastro), tubarões-porco (Heterodontiformes) e cações-gato (família Scyliorhinidae), entre outras – assim como em todas as quimeras, que também são peixes cartilaginosos, mas não elasmobrânquios. No Brasil, eventualmente encontramos cápsulas ovígeras de raias-emplastro já abertas e que vão dar na praia, principalmente na região sul.

Nas espécies vivíparas, o embrião passa toda a gestação dentro do útero materno até o momento do parto – ou seja, não acontece desova, como nos ovíparos. Neste modo reprodutivo existem diversas formas com as quais a mãe nutre o seu filhote:

**1) Vivíparos com bolsa de vitelo:** o embrião tem uma bolsa de vitelo presa a ele por uma haste, através da qual o vitelo é absorvido, fazendo com que o embrião cresça. O momento do nascimento coincide com o consumo completo do vitelo. Esse é o modo de nutrição embrionária da maioria dos elasmobrânquios, incluindo as ordens Squatiniformes (cações-anjo, gênero *Squatina*), Squaliformes (pelo menos sete famílias diferentes) e também as raias das ordens Rhinoprístiformes (peixes-serra, da família Prístidae, e as raias-viola, de várias famílias) e Torpediniformes (raias-elétricas, de várias famílias), compondo grande número de espécies. Dentro deste modo reprodutivo, há uma variação muito interessante nas raias da ordem Myliobatiformes (em várias famílias, incluindo as raias-prego, da família Dasyatidae, e as raias-manta, da família Mobulidae) nas quais o embrião é nutrido por substâncias gordurosas produzidas por estruturas filamentosas da parede do útero e que são transferidas para a boca, assim como para as aberturas atrás dos olhos, chamadas de espiráculos – além da bolsa de vitelo. Nos vivíparos com bolsa de vitelo, tanto o número de embriões nascidos,



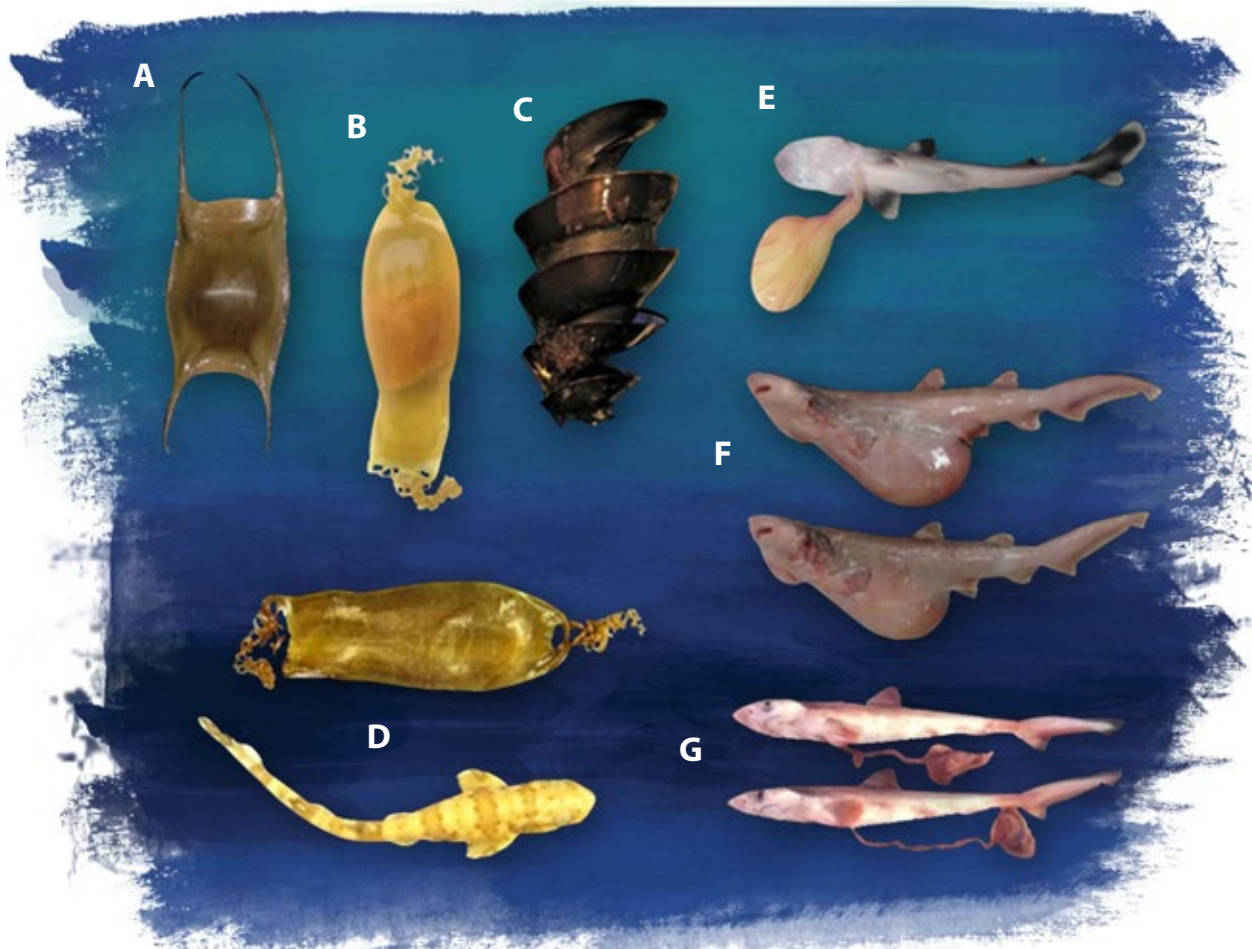


quanto o tamanho ao nascer, variam muito, desde poucos (um ou dois), até o caso de 300 embriões medindo 65 cm de comprimento, encontrados no útero de uma fêmea de tubarão-baleia (*Rhincodon typus*).

**2) Viviparidade ovofágica:** o termo “ovofagia” significa “comer ovos”: após consumir seu vitelo pela haste, o embrião passa a se alimentar pela boca, comendo os óvulos e ovos que vão chegando posteriormente no útero. A quantidade de óvulos produzida e consumida é grande e o embrião fica com o estômago muito cheio. Nesse momento, a mãe interrompe a ovulação para que o embrião absorva o vitelo de seu estômago, durante o restante da gestação. Um pequeno grupo de tubarões, como os da ordem Lamniformes, composta por 15 espécies que se distribuem em várias famílias, como o tubarão-branco (*Carcharodon carcharias*), tem esse modo de reprodução. Em uma dessas espécies, o cação-mangona (*Carcharias taurus*), além de comer os óvulos e ovos, o embrião obrigatoriamente precisa devorar os irmãos menos desenvolvidos para se desenvolver, o que chamamos de canibalismo intra-uterino. No tubarão-anequim (*Isurus oxyrinchus*), o canibalismo intra-uterino foi registrado uma vez e não parece ser obrigatório para a sobrevivência do embrião. Nos tubarões com viviparidade ovofágica, o número de embriões é baixo, variando de 2 até 16, dependendo da espécie, principalmente porque os filhotes já nascem grandes e são capazes de se virar sozinhos no ambiente. O tubarão-branco, por exemplo, nasce com até 1,6 m de comprimento, ou seja, um tamanho maior do que a maioria dos peixes encontrados por ele logo nos primeiros momentos de vida.

**3) Viviparidade placentária:** este é considerado o modo mais complexo de nutrição embrionária. Após consumir o vitelo nos primeiros estágios de desenvolvimento, o embrião prende-se à parede do útero por uma estrutura placentária (que não apresenta nenhuma relação com a placenta dos mamíferos) e um cordão umbilical. Pela placenta e cordão vários tipos de nutrientes são passados ao embrião diretamente pela circulação da fêmea e, neste momento, o vitelo não é mais o principal meio de nutrição. Cinco famílias de tubarões da ordem Carcharhiniformes têm esse modo reprodutivo, como os tubarões-martelo (Sphyrnidae), e muitos da família Carcharhinidae (cações-frango, do gênero *Rhizoprionodon*, e o gênero *Carcharhinus*). O número de filhotes produzido varia muito, desde quatro até 135, como no caso do tubarão-azul (*Prionace glauca*).





**Figura 1.9** – Principais modos reprodutivos em elasmobrânquios. A a D) Oviparidade, mostrando no alto as várias formas de cápsulas ovíferas (fotos: Otto Gadig) e abaixo um embrião de cação-gato, *Scyliorhinus sp.*, recém retirado de seu ovo (foto: Alfredo Carvalho). À direita os modos de viviparidade: E) Com bolsa de vitelo, cação-bagre, *Squalus sp.* (foto: Alfredo Carvalho); F) Ovofágica, cação-mangona, *Carcharias taurus* em que os embriões aparecem com os estômagos estufados, cheios de ovos (foto: Otto Gadig); G) Placentária, cação-frango, *Rhizoprionodon lalandii* (foto: Fábio S. Motta).

Para muitas espécies, no entanto, o tempo de gestação não é conhecido. Em geral, há um grupo de espécies com períodos curtos, de dois a quatro meses, como algumas raias, incluindo a raia-preta (*Pteroplatytrygon violacea*). Outras espécies apresentam um período de gestação um pouco maior, entre cinco e oito meses, como várias raias-emplastro (ordem Rajiformes) e alguns tubarões-gato (*Scyliorhinus*). Há também muitas outras espécies de elasmobrânquios, principalmente tubarões, com tempo mais extenso de gestação, variando entre 8 e 12 meses, como o tubarão-tigre (*Galeocerdo cuvier*), o cação-baía (*Carcharhinus plumbeus*), o cação-mangona (*Carcharias taurus*) e o tubarão-porco (*Heterodontus*). Entretanto, alguns tubarões são considerados os vertebrados com o mais longo tempo de gestação entre todos os vertebrados: algumas espécies de cações-bagre (*Squalus acanthias* e *Squalus megalops*) alcançam entre 22 e 24 meses de gestação; e há um caso extremo, o do tubarão-cobra (*Chlamydoselachus anguineus*), cujo tempo de gestação foi estimado em 3,5 anos, ou seja, cerca de 42 meses – o recordista entre todos os vertebrados.



## 7. Quanto tempo vivem?

Outro aspecto da biologia dos tubarões e raias é a idade, ou seja, como crescem e quanto vivem. Estas informações são de fundamental importância para se entender o ciclo de vida dessas espécies e sua íntima relação com outros parâmetros biológicos, afinal os elasmobrânquios estão expostos a vários fatores ambientais durante sua vida, como a distribuição geográfica, seu *habitat*, reprodução, disponibilidade de alimento e as características ambientais físico-químicas (temperatura, salinidade, luminosidade, entre outros). Por isso é vital que os estudos de idade e crescimento sejam realizados da forma mais precisa possível: ao se fazer estimativas erradas, toda interpretação sobre a história de vida de uma espécie pode ficar comprometida. Relacionar estas informações com outros dados biológicos têm aplicação direta no manejo das pescarias (o maior fator de ameaça às populações de elasmobrânquios) e ações para a sua conservação (**Figura 1.10**). Um exemplo bem didático é o tempo geracional, definição aplicada ao se avaliar critérios de ameaça de uma população. E o que seria isso? Tempo geracional é uma medida que corresponde à idade média dos progenitores de uma geração, ou seja, a idade dos pais dos indivíduos que acabam de nascer, refletindo a taxa de renovação dos indivíduos reprodutores numa população. Para este cálculo é necessário saber com que idade acontece a primeira reprodução e em que idade ocorre a reprodução dos indivíduos mais velhos. Como foi possível perceber, usam-se dados de idade e de reprodução para se chegar ao tempo geracional.

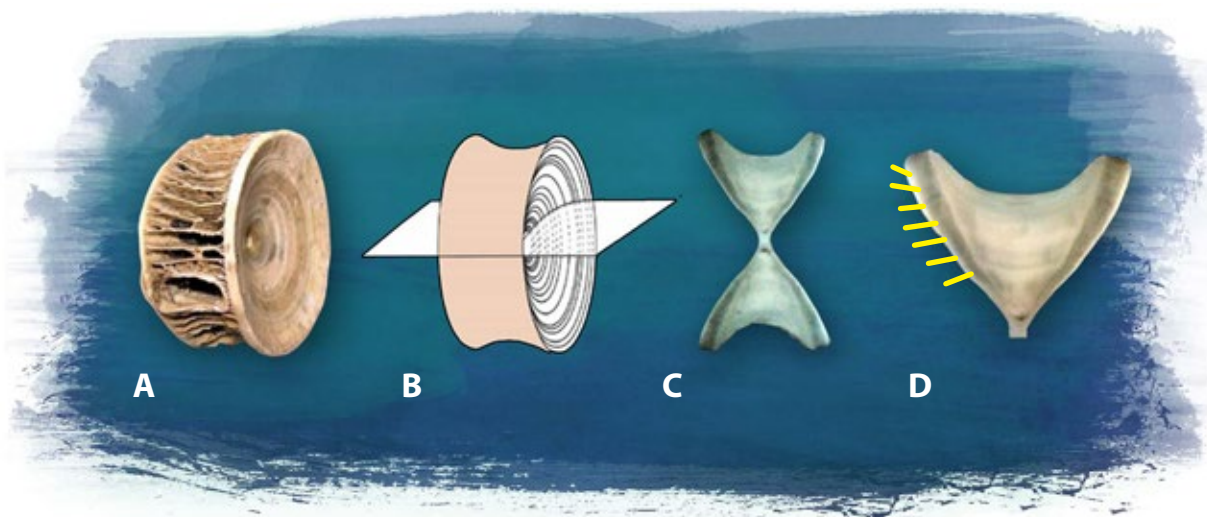
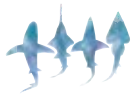


**Figura 1.10** – Estudos relacionando idade e crescimento com aspectos da reprodução fundamentam medidas de conservação. Na foto acima, uma prole de tubarão-martelo (*Sphyrna lewini*), espécie ameaçada de extinção, mortos antes de atingir a idade para se reproduzir (foto: Otto Gadig).

Idade e crescimento são estudos fundamentais quando queremos entender a situação da população de uma espécie, justamente por causa dessa relação com outros dados biológicos e a interface com os critérios para avaliar o seu risco de extinção. Além do exemplo do tempo geracional, também as estimativas de mortalidade natural, mortalidade por pesca, natalidade, flutuações da população, densidade populacional e tempo de vida, são informações obtidas tendo como base a determinação da idade e a taxa de crescimento. A maioria desses dados é usada como critério para analisar o risco de extinção de uma espécie. Para entender como esses animais respondem às pressões das pescarias, estes estudos são os mais eficientes, desde que os dados estejam corretos – o que nem sempre é possível, dada a dificuldade prática de interpretar as informações.

Para realizar estes estudos, os pesquisadores usam estruturas calcificadas do esqueleto. As vértebras são as peças mais utilizadas, mas também outras estruturas duras, como espinhos de nadadeiras, entre outras. Porém, existem animais com as vértebras mais ou menos calcificadas, como o caso do tubarão-antártico (*Somniosus antarcticus*) e os cações-anjo (*Squatina*), cujas vértebras tornam-se inapropriadas para a leitura dos anéis da idade, por serem pouco calcificadas. Muitas espécies de profundidade, por outro lado, têm espinhos nas nadadeiras dorsais que são utilizados para este fim, como é o caso dos cações-bagre (*Squalus*). Anatomicamente, as vértebras dos elasmobrânquios lembram um carretel, com os dois lados côncavos (**Figura 1.11**): a partir de seu centro (foco da vértebra) podem ser observados anéis circulares (bandas que se alternam entre zonas opacas e translúcidas) que avançam até a borda – visualmente lembrando o corte do tronco de uma árvore onde se vê os anéis circulares. No entanto, para visualização e análise adequadas desses anéis vertebrais, normalmente deve-se cortar a vértebra, embora também existam outras técnicas e métodos, que vão desde a aplicação de produtos químicos para corar os anéis (como o nitrato de prata), uso de radiografia, realização de cortes histológicos e, mais recentemente, a detecção por sinais de isótopos radioativos (Carbono 14). Múltiplas técnicas são utilizadas para fins comparativos, sempre tentando a melhor visualização. Nem sempre os anéis formados têm relação com a idade e é por isso que se tenta fazer a validação desses anéis como sendo etários, utilizando mais de uma técnica, para que os resultados sejam confiáveis.





**Figura 1.11** – A) Vértebra de tubarão-branco (*Carcharodon carcharias*) (foto: Gregor Cailliet); B) esquema mostrando o sentido do corte para visualização dos anéis de crescimento – adaptado de Cailliet *et al.* (1983); C e D) cortes da vértebra de um cação-flamengo (*Carcharhinus acronotus*) mostrando à direita (D) em aumento, indicando em amarelo de onde se encontram as marcas dos anéis, de acordo com a interpretação do pesquisador (perceba que a visualização é bastante difícil a não ser por olhos treinados) (fotos: Rodrigo Barreto).

No entanto, não se conhece ao certo o tempo de vida para a maioria dos elasmobrânquios, essencialmente porque as técnicas e métodos exigem amostras difíceis de serem obtidas, principalmente no caso dos animais mais velhos. As espécies mais estudadas normalmente são aquelas capturadas pelas principais frotas comerciais, acompanhadas por pesquisadores. De forma geral, os elasmobrânquios são considerados animais que vivem bastante tempo, mas por outro lado, fatores como a idade e o crescimento podem ser afetados por vários componentes do ambiente externo, além da grande variação nos métodos de estudos, e por isso nem sempre existe um consenso sobre a idade de uma mesma espécie. Por exemplo, o famoso tubarão-branco (*Carcharodon carcharias*), teve seu tempo de vida estimado em 30 anos nos primeiros estudos feitos com esta espécie e anos depois, usando outro método de estudo (carbono radioativo), estimou-se o tempo de vida em 73 anos. Outro exemplo são os estudos de idade e crescimento realizados no Brasil, que mostram o tubarão-galha-branca-oceânico (*Carcharhinus longimanus*), a raia-viola-de-focinho-curto (*Zapteryx brevirostris*), a raia-santa (*Rioraja agassizi*) e o cação-baía (*Carcharhinus signatus*) vivendo somente até dez anos; o tubarão-anequim (*Isurus oxyrinchus*) vivendo até aproximadamente 12 anos; e o tubarão-martelo (*Sphyrna lewini*), até os 30 anos. Com a variação nos métodos e os avanços no conhecimento, esses números, no entanto, podem mudar. Um caso que chamou a atenção do mundo em 2016 foi o do tubarão-da-Groenlândia (*Somniosus microcephalus*), uma espécie que cresce até pouco mais de 5 metros e vive nas águas geladas do Ártico (**Figura 1.12**). Usando a técnica do Carbono 14 no cristalino do olho (lentes), a idade de um indivíduo foi estimada entre 272 e 512 anos, sendo provavelmente em torno de 400 anos (ele teria então nascido em 1620 ou mesmo antes, na época do início da colonização do Brasil pelos portugueses).



**Figura 1.12** – O mais velho vertebrado da Terra, o tubarão-da-Groenlândia, *Somniosus microcephalus*, habitante das águas geladas do Ártico. Os estudos de idade e crescimento mostram que existem animais hoje que podem ter nascido na época do início da colonização do Brasil (foto: Eric Ste Marie).

## 8. Reflexões finais:

### 8.1. Afinal, por que estudar e proteger os elasmobrânquios?

A resposta para essa pergunta se encontra espalhada ao longo do texto que foi apresentado até agora. Entretanto, se ainda assim houver a necessidade de tentar convencer as pessoas sobre o quão especiais são os elasmobrânquios e quais razões levam tantos pesquisadores a se esforçar pela sua preservação, eis aqui alguns argumentos que resumem e relacionam um pouco de tudo que foi apresentado ao leitor:

**1) Características biológicas e evolução:** as características anatômicas e biológicas adquiridas ao longo de uma evolução de mais de 400 milhões de anos fazem com que esses animais sejam os mais adequados modelos para estudo da anatomia, evolução, biologia e fisiologia dos outros vertebrados: apesar de tão antigos, estes animais conseguiram sobreviver às muitas ondas de extinção pelas quais o planeta passou e hoje, apesar do número pequeno de espécies em comparação aos peixes ósseos, os elasmobrânquios ocupam um papel de destaque nos ecossistemas aquáticos.



**2) Predadores supremos:** o papel ecológico dos predadores é fundamental para manter a qualidade do ecossistema. No caso dos ambientes marinhos, essa função é desempenhada principalmente por muitas espécies de elasmobrânquios, especialmente os tubarões. Ao consumirem uma grande diversidade de presas, a seleção genética e controle populacional são os principais serviços prestados por esses animais. Uma vez que grande parte do alimento humano que vem do mar procede de regiões onde muitos tubarões atuam como predadores, sua diminuição afeta muito todo o sistema de troca de energia que ocorre nas relações ecológicas entre os vários níveis da teia alimentar – desde os organismos do plâncton, peixes comedores de plâncton, peixes carnívoros comedores de outros peixes herbívoros, até os predadores de topo – (**Figura 1.5**) e a consequência disso é o colapso no ambiente marinho que, muitas vezes, resulta em perda de biomassa de organismos que podem servir de alimento. Ambientes considerados “ecologicamente saudáveis” dependem necessariamente da presença desses predadores, como é o caso dos tubarões-martelo nas Ilhas Galápagos, no Equador.

**3) Ciclo de vida delicado:** capturar elasmobrânquios em grandes quantidades, como ocorre há décadas, está levando à dramática diminuição das populações, com consequências ambientais terríveis. Essa fragilidade é explicada pelas características populacionais associadas à reprodução e crescimento: por normalmente apresentarem baixa produção de descendentes, terem crescimento lento e atingirem a maturidade para reprodução tardiamente, é fácil imaginar que a capacidade de repovoamento nessas condições é praticamente inexistente, já que a perda por mortalidade se apresenta muito acima do que suas características biológicas podem suportar. Em palavras mais simples, morrem mais do que nascem.

**4) A simples beleza de sua existência:** pelas suas formas elegantes das mais variadas, hidrodinâmica espetacular, diversidade de ambientes em que vivem e seu comportamento, os elasmobrânquios são considerados criaturas únicas da natureza, que fascinaram os olhares de gerações, desde os tempos mais remotos das civilizações humanas, com registros arqueológicos em afrescos, vasos e esculturas, além de desenhos e manuscritos de naturalistas durante suas expedições a lugares desconhecidos. Inclusive inspirando clássicos da literatura internacional, como em *Vinte mil léguas submarinas*, de Júlio Verne, *O velho e o mar*, de Hemingway, e *Moby Dick*, de Melville. Até os dias de hoje, esses animais atraem a curiosidade e a admiração das pessoas em filmes, oceanários e mergulhos de observação.

## 8.2. O que você pode fazer para ajudar?

A sobrevivência desses animais no futuro não depende apenas dos esforços dos pesquisadores que produzem conhecimento científico de qualidade. O papel de todos os cidadãos é tão ou mais importante nessa questão: não havendo interesse público e político, nada do que se conhece dos elasmobrânquios pode ser aplicado em prol de sua conservação. A importância do público em geral está na disseminação das informações, condutas positivas e, principalmente, na cobrança aos nossos tomadores de decisão a respeito de qualquer tema associado à melhoria e qualidade de vida. Isso vale também no que se refere à conservação de elasmobrânquios. Eis aqui algumas atitudes que qualquer um de nós pode fazer no dia a dia:

**1 – Interesse-se pelo assunto**, leia sobre esses animais e se informe sobre o que é feito pelos pesquisadores, assim fica mais fácil alterar a percepção negativa sobre elasmobrânquios, em que a ideia geral (e muito errada) é de que os tubarões são animais perigosos e assassinos. Há muito mais por saber e se encantar. Além disso, você estará mais capacitado a argumentar e assumir algumas atitudes positivas;

**2 – Informe-se sobre campanhas**, petições, demais ações e iniciativas que tenham como objetivo a conservação dos elasmobrânquios e o ambiente marinho como um todo (por exemplo, as campanhas para o descarte correto de lixo plástico), pois não há como proteger os elasmobrânquios sem incluir a preservação do ambiente marinho como um todo. Dê seu apoio e incentivo às iniciativas de criação de áreas de proteção marinha;

**3 – Evite consumir a carne de elasmobrânquios**, pois grande parte do que é comercializado envolve espécies ameaçadas de extinção, capturadas de forma ilegal e sem qualquer regulamentação. Mesmo quando não for o caso, se possível, não consuma carne desses animais, lembrando que muitos estão em declínio populacional e apresentam níveis elevados de metais pesados. Não estimule o comércio, difusão e utilização de produtos ornamentais feitos com partes de elasmobrânquios (pingentes e colares de dentes, artefatos com couro desses animais, peças decorativas etc.). Imagine decorar a sua casa com a cabeça de uma onça ou então usar um casaco com a pele de urso-polar. É de extremo mau gosto!

**4 – Denuncie crimes ambientais** previstos em lei. Comunique às autoridades sobre espécies ameaçadas capturadas ilegalmente;

**5 – Divulgue essas ideias** junto aos seus amigos, parentes, vizinhos, colegas de trabalho e a quem mais for possível. Ensine isso aos seus filhos e netos para que eles não corram o risco de encontrar, no futuro, um mundo onde esses animais sejam apenas peças de museu, fotografias e histórias sensacionalistas e, o pior, onde o ecossistema marinho seja deserto, sujo, feio, triste e doente.