

**UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE**  
**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DINÂMICA DOS OCEANOS**  
**E DA TERRA**

ISABELLA NEVES FERREIRA

**Níveis de herbivoria de tartarugas-verdes (*Chelonia mydas*) sob diferentes  
condições de ressurgência**

Orientador:  
Prof. Carlos E. L. Ferreira

Niterói  
2024

ISABELLA NEVES FERREIRA

**Níveis de herbivoria de tartarugas-verdes (*Chelonia mydas*) sob diferentes condições de ressurgência**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Fluminense como requisito parcial do Programa de Pós-graduação em Dinâmica dos Oceanos e da Terra para a obtenção do título de Mestre em Ciências.

Área de concentração: Ecologia Marinha

Orientadores:

Dr. Carlos E. L. Ferreira

MSc. Juliana Fonseca

Niterói

2024

# Ficha catalográfica

Ficha catalográfica automática - SDC/BIG  
Gerada com informações fornecidas pelo autor

F383n Ferreira, Isabella Neves  
Níveis de herbivoria de tartarugas-verdes (*Chelonia mydas*)  
sob diferentes condições de ressurgência / Isabella Neves  
Ferreira. - 2023.  
52 f.

Orientador: Carlos Eduardo Leite Ferreira.  
Dissertação (mestrado)-Universidade Federal Fluminense,  
Instituto de Geociências, Niterói, 2023.

1. Tartaruga marinha. 2. Dieta. 3. Arraial do Cabo. 4.  
Isótopos. 5. Produção intelectual. I. Ferreira, Carlos  
Eduardo Leite, orientador. II. Universidade Federal  
Fluminense. Instituto de Geociências. III. Título.

CDD - XXX

Bibliotecário responsável: Debora do Nascimento - CRB7/6368

ISABELLA NEVES FERREIRA

**Níveis de herbivoria de tartarugas-verdes (*Chelonia mydas*) sob diferentes condições de ressurgência**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Fluminense como requisito parcial do Programa de Pós-graduação em Dinâmica dos Oceanos e da Terra para a obtenção do título de Mestre em Ciências.  
Área de concentração: Ecologia Marinha

Aprovada em 28 de março de 2024 pela banca examinadora abaixo:

---

Dr. Carlos E. L. Ferreira (orientador)

---

Dr. Fabio Bettini Pitombo

---

Dr. Thiago Costa Mendes

---

Dr. Lucas Nunes Teixeira

Niterói

2024

## **Agradecimentos**

Em primeiro lugar gostaria de agradecer aos meus pais e a minha irmã, por todo incentivo e carinho, sou muito grata por sempre ter esse ponto de apoio. Agradeço a minha família, pela motivação e por compartilhar momentos felizes ao longo desses anos. Também não posso deixar de mencionar o apoio emocional valioso que meus vários gatos me proporcionaram durante todo esse processo.

Agradeço ao apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior do Brasil (CAPES), por me conceder a oportunidade de realizar esta pesquisa. Além disso, quero expressar minha gratidão ao Programa de Pós-Graduação em Dinâmica dos Oceanos e da Terra, não apenas pelo conhecimento valioso adquirido, mas também pelo suporte constante durante todo o período do mestrado.

Aos meus orientadores, Cadu e Juliana Fonseca, que sempre demonstraram prontidão para me auxiliar e apoiar, meu agradecimento especial. Suas orientações e contribuições foram essenciais para o desenvolvimento deste trabalho. Também é importante mencionar minha gratidão aos membros da banca por seu tempo dedicado à leitura e valiosas contribuições para aprimorar este trabalho.

Agradeço profundamente aos meus amigos do LECAR, Ana Clara Suhett, Gabriel Soares, Aléxia Lessa e Marina Méga foram pessoas que me apoiaram em diversos aspectos durante essa jornada, tornando esse trabalho possível. Agradeço a ajuda do Thiago Mendes e do César Cordeiro por sanarem diversas dúvidas que surgiram ao longo do desenvolvimento deste trabalho. Obrigada em especial para todos que participaram dos campos, Ana Clara Suhett, Gabriel Soares, Aléxia Lessa, Marina Méga, Naísa Passos, Pedro Zaú, Amanda Barreto e Maria Eduarda Paiva. Agradeço também ao João Paulo Felizardo, do LARA e ao Gabriel Ferreira, pela ajuda na análise dos isótopos estáveis.

## Resumo

A dieta de *Chelonia mydas* é influenciada pela mudança ontogenética, mas também tem grande relação com a temperatura e a disponibilidade de presas. Nesse estudo, analisamos a dieta e ecologia trófica de tartarugas-verdes em uma área de forrageamento sob influência do fenômeno da ressurgência, que é mais intensa em períodos de primavera e verão do que no inverno. Os conteúdos alimentares foram obtidos através da lavagem esofágica, já as análises de isótopos estáveis foram realizadas em fragmentos da pele. Analisamos 66 amostras de dieta (tartarugas com comprimento curvo da carapaça, CCC, de 29 a 63,1 cm), e 52 amostras de pele (tartarugas com CCC de 29 a 63,1 cm). Os conteúdos alimentares apresentaram dominância de macroalgas rodófitas e clorófitas. Além da ingestão das macroalgas, o conteúdo da lavagem também incluiu materiais antropogênicos (eg. plásticos), que apesar de apresentarem baixa abundância foram frequentes entre as amostras. Os resultados dos isótopos de  $\delta^{13}\text{C}$  tiveram valores entre -18,1‰ e -14‰ e de  $\delta^{15}\text{N}$  entre 4,49‰ e 11,8‰ correspondendo a assinatura de animais que assimilam macroalgas, e corroborando com os resultados obtidos na lavagem. A dieta e a assinatura isotópica variaram entre as duas estações amostradas. No verão as tartarugas apresentaram dieta mais diversificada com a ingestão de itens mais abundantes e disponíveis durante essa estação, como macrozooplâncton, algas do gênero *Ulva* sp. e *Sargassum furcatum*. Nas análises isotópicas a variação sazonal ocorreu no  $\delta^{13}\text{C}$  com valores mais elevados no inverno (-15,2‰), em comparação com o verão (-15,9). Essa diferença pode ser atribuída à diversidade de algas consumidas em cada estação, juntamente com variações isotópicas nas fontes alimentares devido às mudanças ambientais. Nossos resultados indicam uma dieta diversificada em tartarugas-verdes juvenis, se alimentando de acordo com itens mais abundantes, esses variando de acordo a sazonalidade da ressurgência.

**Palavras-chave:** Detrito antropogênicos, Dieta, Ecologia alimentar, Isótopos estáveis, Mudança ontogenética

## Abstract

The diet of *Chelonia mydas* is influenced by ontogenetic changes but also closely related to temperature and prey availability. This study examines the diet and trophic ecology of green turtles in a foraging ground affected by the upwelling phenomenon, which is more intense in spring and summer than in winter. Dietary contents were obtained through esophageal lavage, while stable isotope analyses were conducted on skin fragments. We analyzed 66 diet samples (turtles with curved carapace lengths, CCL, ranging from 29 to 63.1 cm) and 52 skin samples (turtles with CCL of 29 to 63.1 cm). Dietary contents were dominated by rhodophytes and chlorophytes. In addition to macroalgae ingestion, anthropogenic debris were also present in lavage contents, albeit with low abundance but frequent occurrence. Isotope results of  $\delta^{13}\text{C}$  ranging from -18.1‰ to -14‰ and  $\delta^{15}\text{N}$  from 4.49‰ to 11.8‰ correspond to the signature of animals assimilating macroalgae, supporting lavage findings. Diet and isotopic signature varied between seasons. In summer, turtles exhibited a more diversified diet, consuming more abundant items such as macrozooplankton, *Ulva* sp., and *Sargassum furcatum* algae. Seasonal variation in isotopic analyses occurred in  $\delta^{13}\text{C}$ , with higher values in winter (-15.2‰) compared to summer (-15.9‰). This difference may be attributed to the diversity of algae consumed each season, along with isotopic variations in food sources due to environmental changes. Our results indicate a diverse diet in juvenile green turtles, feeding according to the most abundant items, which vary according to the seasonality of the upwelling.

**Keywords:** Anthropogenic debris, Diet, Feeding ecology, Stable isotopes, Ontogenetic change

## Lista de ilustrações

Figura 1– Localização do Estado do Rio de Janeiro e do Município de Arraial do Cabo (a). Mapa de Arraial do Cabo indicando as praias de amostragem (b). .....	20
Figura 2 – Abundância relativa (AR) dos grupos morfo-funcionais consumidos juvenis de <i>Chelonia mydas</i> em Arraial do Cabo, RJ. Os pontos cinzas são valores para cada amostra, os pontos coloridos indicam a média e as barras o intervalo de confiança de 95%. .....	28
Figura 3 – Análise de coordenadas principais (PCoA) dos grupos morfo-funcionais consumidos juvenis de <i>Chelonia mydas</i> em Arraial do Cabo, RJ. Verm Cort = Vermelhas corticadas, Verm Fil = Vermelhas filamentosas, Verm Art Calc = Vermelhas articuladas calcárias, Verm Fol = Vermelhas folhosas, Verdes Fol = Verdes folhosas, Verdes Cen = Verdes cenocíticas, Verdes Fil = Verdes filamentosas, Mar Fil = Marrons filamentosas, Mar Cor = Marrons coriáceas, Macro zoop = Macrozooplâncton. ....	29
Figura 4 – Abundância relativa (AR) dos grupos morfo-funcionais consumidos por <i>Chelonia mydas</i> recapturas. Verm Cort = Vermelhas corticadas, Verm Fil = Vermelhas filamentosas, Verm Art Calc = Vermelhas articuladas calcárias, Verm Fol = Vermelhas folhosas, Verdes Fol = Verdes folhosas, Mar Fil = Marrons filamentosas, Macro zoop = Macrozooplâncton. “Outros” e “Antropogênicos” não foram abreviados. ....	31
Figura 5 – Biplot dos valores dos isótopos estáveis de $\delta^{13}C$ e $\delta^{15}N$ (‰) para indivíduos de <i>Chelonia mydas</i> capturadas em Arraial do Cabo, RJ. Os pontos representam os indivíduos e as elipses indicam um intervalo de 95% de confiança.....	32
Figura 6 – Área padrão da elipse das tartarugas capturas em Arraial do Cabo, RJ. Os três níveis de barras indicam o intervalo de confiança de 95%,75% ou 50%, da cor mais escura para a cor mais clara. Os pontos indicam as estimativas bayesianas da área padrão das elipses e o ‘x’ indica a área padrão das elipses corrigidas para amostras pequenas.....	33
Figura 7 – Assinatura isotópica das tartarugas recapturadas.....	34

## Lista de tabelas

Tabela 1 – Número de amostras de conteúdo da lavagem esofágica e de tecido para análise de isótopos estáveis coletados de juvenis de <i>Chelonia mydas</i> em Arraial do Cabo, RJ. CCC = comprimento curvo da carapaça; DP = desvio padrão. ....	25
Tabela 2 – Frequência de ocorrência de grupos morfo-funcionais (em negrito) e itens alimentares por praia e estação do ano consumidos por juvenis de <i>Chelonia mydas</i> em Arraial do Cabo, RJ. ....	27
Tabela 3 – Resultados da PERMANOVA da abundância relativa dos grupos morfo-funcionais consumidos por <i>Chelonia mydas</i> . O modelo considera AR ~ praia + estação + classes de tamanho + praia × estação + ano(praia). Em negrito valores significativos ( $P < 0,05$ ). ....	29
Tabela 4 – Análise SIMPER da dissimilaridade entre as praias. Os grupos que mais discriminaram entre as praias possuem maior dissimilaridade média e maior contribuição para a dissimilaridade total. São mostrados apenas os táxons que contribuíram cumulativamente com até 70%. ....	30
Tabela 5 – Análise SIMPER da dissimilaridade entre as estações do ano. Os grupos que mais discriminaram entre as praias possuem maior dissimilaridade média e maior contribuição para a dissimilaridade total. São mostrados apenas os táxons que contribuíram cumulativamente com até 70%. ....	30
Tabela 6 – Assinaturas isotópicas de carbono ( $\delta^{13}\text{C}$ ) e nitrogênio ( $\delta^{15}\text{N}$ ) das tartarugas marinhas por praia, estação e ano, expressa em média e desvio padrão (DP). ....	32
Tabela 7 – Resultados da PERMANOVA para $\delta^{13}\text{C}$ . O modelo considera $\delta^{13}\text{C}$ ~ praia + estação + classes de tamanho + praia × estação + ano(praia). Em negrito valores significativos ( $P < 0,05$ ). ....	33
Tabela 8 – Resultados da PERMANOVA para $\delta^{15}\text{N}$ . O modelo considera $\delta^{15}\text{N}$ ~ praia + estação + classes de tamanho + praia × estação + ano(praia). ....	33
Tabela 9 – Assinaturas isotópicas de carbono ( $\delta^{13}\text{C}$ ) e nitrogênio ( $\delta^{15}\text{N}$ ) das algas de Arraial do Cabo por estação do ano, expressa em média e desvio padrão e com o número de amostras (n). ....	35

## **Lista de abreviaturas e siglas**

AR = Abundância relativa

CCC = Comprimento curvo da carapaça

DP = Desvio padrão

FO = Frequência de ocorrência

PCoA = Análises de coordenadas principais

PERMANOVA = Análise de variância com permutação

SIMPER = Análise de percentual de similaridade

## Lista de símbolos

$\delta$  = delta

$\text{‰}$  = por mil

## Sumário

Ficha catalográfica.....	3
Agradecimentos .....	5
Resumo .....	6
Abstract.....	7
Lista de ilustrações .....	8
Lista de tabelas .....	9
Lista de abreviaturas e siglas .....	10
Lista de símbolos.....	11
Sumário.....	12
Introdução .....	13
Objetivos.....	19
Materiais e métodos.....	20
Resultados.....	25
Discussão .....	37
Referências .....	42

## Introdução

As tartarugas marinhas possuem alta mobilidade, com uma ampla distribuição geográfica em regiões tropicais, subtropicais e temperadas dos oceanos (Musick & Limpus 1997). Em todos os ambientes, estão sujeitas a impactos humanos, incluindo pesca incidental, pesca fantasma, poluição e atropelamentos (Lutcavage et al. 1997). Como resultado, as populações de tartarugas marinhas sofreram uma enorme queda nos últimos séculos, e as espécies foram classificadas em diferentes graus de ameaça de extinção (Ministério do Meio Ambiente 2022, IUCN 2023). Com o objetivo de recuperar as populações, uma série de medidas foram estabelecidas a fim de evitar as capturas intencionais e mortes incidentais em áreas de desova e de alimentação. Tais medidas vêm surtindo efeito e resultaram em estabilização e até aumento de algumas populações (Mazaris et al. 2017).

Das sete espécies de tartarugas marinhas, cinco são encontradas no Brasil (*D. coriacea*, *E. imbricata*, *C. caretta*, *L. olivacea* e *C. mydas*) e utilizam o território brasileiro para desova e alimentação (Santos et al. 2011). Apesar dos esforços de conservação, de acordo com a Lista Oficial de Espécies da Fauna Brasileira Ameaçadas de Extinção do Ministério do Meio Ambiente (2022), a maioria dessas espécies ainda estão classificadas com algum grau de ameaça de extinção. As classificações são: criticamente ameaçada (*D. coriacea*), em perigo (*E. imbricata*) e vulnerável (*C. caretta*, *L. olivacea*). Recentemente, em 2022, *C. mydas* saiu da lista de espécies ameaçadas e passou para a categoria quase ameaçada (ICMBio & MMA 2018, Ministério do Meio Ambiente 2022).

No Brasil, *C. mydas*, a tartaruga-verde, é a espécie mais abundante (Reis et al. 2009, Monteiro et al. 2016, Lopes-Souza et al. 2017). Ela é caracterizada pelo bico serrilhado, um par de placas pré-frontais, carapaça em formato oval com quatro placas laterais e uma garra em cada nadadeira. As áreas de desova em território brasileiro ocorrem principalmente nas ilhas oceânicas (Ilha da Trindade/ES (Medeiros et al. 2022), Reserva biológica do Atol das Rocas/RN (Bellini et al. 2013) e Arquipélago de Fernando de Noronha/PE (Bellini & Sanches 1996). Por outro lado, as áreas de alimentação são identificadas ao longo de todo litoral (Santos et al. 2015b).

Os filhotes e juvenis de *C. mydas* habitam áreas pelágicas oceânicas e possuem alimentação onívora com tendência à carnivoría até atingirem ~25-40cm de comprimento da carapaça (Musick & Limpus 1997, Boyle & Limpus 2008, Lenz et al. 2017). Após o

período de desenvolvimento oceânico, as tartarugas-verdes recrutam para a zona nerítica onde passam por uma mudança ontogenética e se especializam para uma dieta que pode incluir gramas marinhas, algas, peixes e macrozooplanton (Price et al. 2017, Campos et al. 2018, Díaz-Abad et al. 2022b). A ecologia nutricional de *C. mydas* é associada a fatores intrínsecos, como características fisiológicas da ontogenia, microbiota intestinal e comportamento alimentar (Bolten 2003, Santos et al. 2015b, Campos et al. 2018, Quiñones et al. 2022), e influenciada por fatores ambientais, como temperatura, abundância, distribuição e valor nutricional das presas (Burkholder et al. 2011, González Carman et al. 2014, Santos et al. 2015b).

Enquanto herbívoras a alimentação pode apresentar dominância de gramas marinhas, macroalgas ou uma mistura de ambas (Fuentes et al. 2006). Em escala global, o consumo de gramas marinhas pelas tartarugas-verdes é correlacionado com a disponibilidade, com alta abundância de *Thalassia testudinum* e espécies do gênero *Halophila* sp. e *Zostera* sp., no Caribe, Mediterrâneo e Indo Pacífico (Fuentes et al. 2006, Karaa et al. 2012, Prior et al. 2015, Stringell et al. 2015, Stokes et al. 2019, Piovano et al. 2020, Esteban et al. 2020). Já em áreas de forrageamento com pouca abundância de gramas marinhas, as tartarugas consomem macroalgas (Esteban et al. 2020). Entre as algas mais consumidas estão as rodófitas e as clorófitas devido a alta disponibilidade e palatabilidade (Santos et al. 2015b, Gillis et al. 2020, Martins et al. 2020, Campos & Cardona 2020). Em geral as rodófitas são dominantes na dieta, sendo as algas dos gêneros *Gracilaria* sp., *Hypnea* sp., *Gelidium* sp. itens majoritários em tartarugas-verdes de Galápagos, Brasil e Pacífico Leste (Carrión-Cortez et al. 2010, López-Mendilaharsu et al. 2008, Reisser et al. 2013, Santos et al. 2015b). Esses trabalhos também identificaram a ingestão de clorófitas, em menor abundância, e alguns gêneros como *Ulva* sp., *Codium* sp., se destacam entre os mais consumidos.

A alimentação das tartarugas-verdes também é diretamente relacionada com a temperatura. Sob baixas temperaturas, *C. mydas* possui uma melhor capacidade de digestão de matéria animal (Bjørndal 1980). Em macro escala se observa o aumento da ingestão de matéria animal com o aumento de latitude, com maior consumo de águas-vivas, salpas, moluscos e peixes em zonas subtropicais (Santos et al. 2015b, Esteban et al. 2020). Esse fenômeno também é visto em tartarugas em áreas de forrageamento sob influência de ressurgência, como no Peru, onde águas-vivas e moluscos estão entre os itens mais consumidos (Quiñones et al. 2010, Jiménez et al. 2017). A influência da

temperatura também pode ser observada em regiões que possuem maior variação térmica sazonal. Na Costa Rica a ressurgência provoca mudanças sazonais de temperatura, propiciando aumento na biomassa animal disponível (peixe), que é consumida nos períodos mais frios (Clyde-Brockway et al. 2022). Essa variabilidade alimentar que a espécie pode apresentar possibilita que *C. mydas* tenha diferentes papéis funcionais e um melhor desempenho no forrageamento e na aquisição de nutrientes (Bjorndal 1985, González Carman et al. 2014, Madeira et al. 2022).

Na vasta extensão de costa da Província Brasileira, adultos e juvenis de *C. mydas* possuem variação alimentar relacionada tanto a disponibilidade de presas, quanto a variação de temperatura (Santos et al. 2015b). Na região tropical os indivíduos tendem a ser mais herbívoros, e a consumir espécies dos gêneros *Gelidium* sp., *Laurencia* sp., enquanto na região subtropical são registradas tartarugas consumindo águas-vivas e moluscos (Santos et al. 2015b). No entanto, trabalhos de dieta de tartarugas-verdes ao longo da costa brasileira identificam alimentação fora do padrão geral, com tartarugas herbívoras no sudeste e o sul (Reisser et al. 2013, Campos & Cardona 2020), ambas localizadas na zona subtropical. Apesar da influência da temperatura, esses estudos salientam a alta disponibilidade de macroalgas como determinante para a dieta herbívora.

A especialização para digestão de matéria vegetal, algas e gramas marinhas, é dependente da presença de bactérias fermentadoras que realizam o processo de digestão (McDermid et al. 2020). Em áreas de forrageamento no mediterrâneo (Cardona et al. 2010), África (Cardona et al. 2009) e Sul do Brasil (Morais et al. 2014) a mudança ontogenética é considerada lenta, levando anos após o recrutamento para se completar. Entretanto, há áreas de forrageamento na região norte e sudeste do Brasil e Uruguai em que tartarugas recém recrutadas (<40cm CCC) possuem boa assimilação de matéria vegetal, indicando uma rápida aquisição de microbiota especializada (Awabdi et al. 2013, Vélez-Rubio et al. 2016, Campos et al. 2018, Campos & Cardona 2020). A composição da microbiota também pode se alterar ao longo do tempo em resposta aos itens ingeridos (Campos et al. 2018), com isso, as tartarugas-verdes podem variar os níveis de onivoria em locais onde a proteína animal, principalmente macrozooplâncton gelatinoso, é esporádica (Cardona et al. 2018).

A degradação dos ambientes costeiros devido ao aumento das atividades antrópicas impacta direta e indiretamente a saúde das tartarugas. Desde a década de 1980 a ingestão de detritos antropogênicos é documentada em tartarugas marinhas (Schuyler

et al. 2014). Por ser uma ameaça presente em todo mundo, é comum estudos que avaliam a dieta dos indivíduos reportarem a presença de lixo no conteúdo de *C. mydas* e de todas as outras espécies (Santos et al. 2021). Materiais de origem antropogênica podem estar disponíveis tanto na coluna d'água (Reisser et al. 2013; Santos et al. 2015b) quanto acumulado sobre a comunidade bentônica (e.g., bancos de macroalgas) (Carpenter & Smith 1972, Saley et al. 2019). A alta disponibilidade favorece a ingestão de detritos antropogênicos de forma acidental ou oportunística (Rizzi et al. 2019, Santos et al. 2021). As tartarugas com hábitos alimentares pelágicos, tendem a ingerir materiais claros ou transparentes e maleáveis, semelhantes ao zooplâncton gelatinoso (Rizzi et al. 2019, Duncan et al. 2019). Já as tartarugas que possuem hábitos alimentares bentônicos, estão mais suscetíveis a consumir mais fragmentos e filamentos que ficam depositados no bentos (Schuyler et al. 2012, di Benedetto & Awabdi 2014, Duncan et al. 2019).

A ingestão desses detritos, principalmente o de plástico, é uma grande ameaça à sobrevivência das tartarugas (Schuyler et al. 2014, Santos et al. 2015a, Savoca et al. 2021). As consequências da ingestão incluem o comprometimento do estado nutricional, lesões internas, obstruções intestinais até a morte por inanição (Santos et al. 2020). Além disso, a ingestão de plástico também está associada à absorção de poluentes tóxicos, que podem afetar a saúde dos indivíduos a longo prazo, provocando alterações metabólicas, disfunções endócrinas e inibição da fertilidade (Savoca et al. 2018, Sala et al. 2021).

Entre os métodos mais tradicionais para investigar a ecologia alimentar de *C. mydas* estão a análise de conteúdo do trato digestivo e a lavagem esofágica. O conteúdo do trato digestivo é obtido de animais mortos e a identificação das presas pode ser comprometida devido ao grau de digestão. Já a lavagem esofágica, por sua vez, é prática na obtenção de amostras de animais vivos e por fornecer material fresco para análise, facilitando a identificação e promovendo o registro de presas de fácil digestão (Forbes & Limpus 1993). No entanto, apesar de ambos permitirem a quantificação dos itens ingeridos, são métodos que fornecem apenas uma informação instantânea, principalmente a lavagem esofágica, que recupera apenas os itens recém ingeridos (Forbes & Limpus 1993). Apesar de esses serem métodos amplamente utilizados para estudos de alimentação, não informam a importância das fontes de alimento para o desenvolvimento dos indivíduos (Vélez-Rubio et al. 2016).

Os demais métodos incluem observação da atividade alimentar, análise de conteúdo fecal e de ácidos graxos e DNA *metabarcoding* (Koutsos et al. 2021, Díaz-Abad

et al. 2022a, Martínez-Estévez et al. 2022). Com a observação das atividades de forrageio é difícil realizar identificação dos itens alimentares e não é possível quantificá-los (Reisser et al. 2013). Já a análise de conteúdo fecal não permite identificar os itens que foram digeridos, além de ser um material de difícil aquisição no ambiente natural (Putman 1984). O DNA *metabarcoding* tem como vantagem a ausência da necessidade da identificação visual, sendo útil para identificação de material muito degradado, entretanto, tem como limitações, a dificuldade de quantificar e estabelecer valores de diversidade das amostras (Sousa et al. 2019). Por fim, a análise de ácidos graxos é um método que analisa a composição da gordura armazenada (Holland et al. 1990), porém, o método não estabelece o que e nem quanto foi ingerido, e as taxas de assimilação ainda não são bem estabelecidas (Jones & Seminoff 2013).

Um método que fornece informações sobre a assimilação de alimentos e que é amplamente difundido é a análise de isótopos estáveis. Os isótopos estáveis mais utilizados são do carbono ( $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ), como um meio de identificar a base da teia trófica, e do nitrogênio ( $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ ), que considera o enriquecimento ao longo dos níveis tróficos e com isso estima a posição trófica de um organismo (Seminoff et al. 2021). A incorporação de ambos os elementos depende das taxas de renovação dos diferentes tecidos. Para as tartarugas marinhas, a epiderme tem uma taxa de incorporação isotópica de cerca de 4 meses, valor maior que o plasma (~2 meses) e menor que as camadas mais antigas da carapaça (3-5 anos) (Reich et al. 2007, 2008). Apesar de integrar informações da dieta ao longo de várias semanas, meses e até anos, o método não fornece informações precisas sobre os itens ingeridos e nem quantifica o quanto foi consumido (Burkholder et al. 2011, Figgner et al. 2019).

A utilização conjunta de métodos complementares, como a lavagem esofágica e análise de isótopos estáveis, proporciona uma investigação mais abrangente da dieta e da ecologia trófica de *C. mydas*. Com a aplicação desses métodos em condições ambientais distintas de disponibilidade de presa e de temperatura é possível compreender o quão variáveis podem ser os hábitos alimentares dessa espécie. Além disso, identificar a ingestão de detritos antropogênicos é um dos pontos principais para orientar medidas futuras destinadas à preservação das tartarugas-verdes.

Esse estudo busca compreender como a alimentação de tartarugas-verdes responde a mudanças ambientais de disponibilidade de presas e temperatura em uma área de forrageamento subtropical. Arraial do Cabo é uma área de alimentação de *C. mydas*

com a maior densidade dessa espécie no Brasil, onde a maioria dos indivíduos são juvenis (Mello-Fonseca et al., 2022). A fim de abordar aspectos relacionados tanto ao consumo quanto assimilação estamos reunindo métodos complementares (dieta e isótopos) no presente estudo. Com a análise da dieta também será possível inferir sobre a ingestão de resíduos plásticos na região de estudo, uma importante unidade de conservação de uso sustentável.

## Objetivos

### Geral

Avaliar a dieta de *Chelonia mydas* comparativamente entre sítios com diferenças sazonais da influência da ressurgência em costões rochosos subtropicais.

### Específicos

- Analisar a dieta de *C. mydas* em sites com condições distintas de temperatura;
- Identificar a posição trófica de *C. mydas* em condições distintas de temperatura;
- Quantificar a ingestão de itens de origem antropogênica.

## Materiais e métodos

### Área de estudo

Este estudo foi conduzido no município de Arraial do Cabo ( $22^{\circ}57'S$ ,  $42^{\circ}01'W$ ), localizado na costa sudeste do Brasil (Figura 1). Arraial do Cabo faz parte de uma área de conservação marinha de uso múltiplo, a Reserva Extrativista Marinha de Arraial do Cabo, que possui diversos impactos como a maricultura, pesca, descarga de esgoto, poluição plástica, atividade portuária e altos níveis de turismo aquático (Santos et al. 2016, Giglio et al. 2017). A região apresenta um fenômeno de ressurgência de pequena escala, que se intensifica durante os meses de primavera e verão austral associados à predominância de fortes ventos leste-nordeste (Valentin 1984). Como consequência, no verão, a temperatura da superfície do mar apresenta uma maior variabilidade ( $15-25^{\circ}C$ ), enquanto na época de não ressurgência, a temperatura da água é mais estável ( $\sim 23^{\circ}C$ ) (Cordeiro et al. 2020).

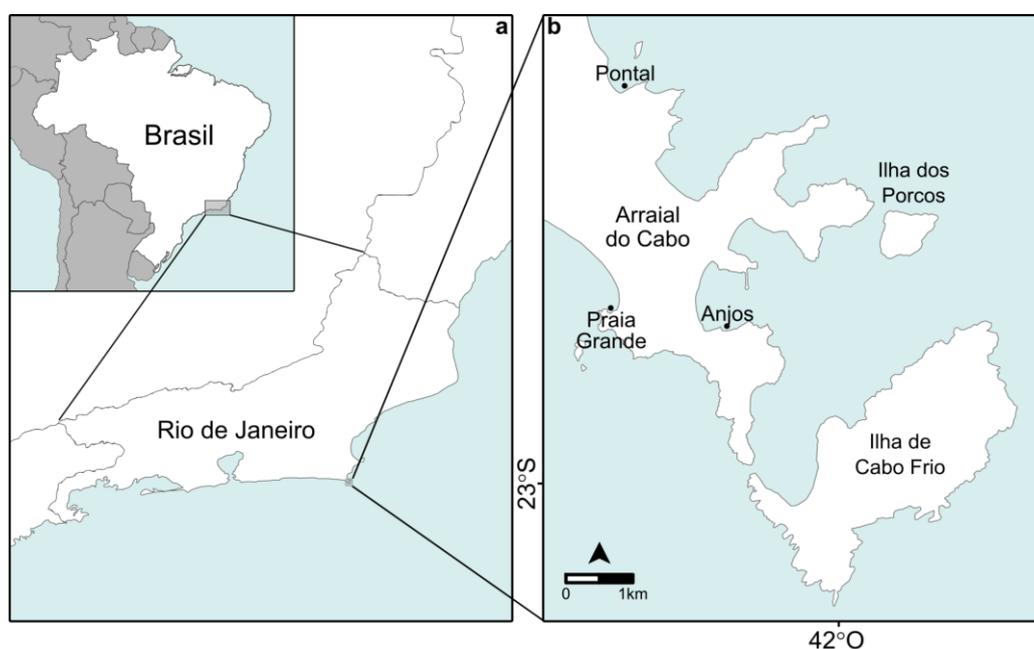


Figura 1– Localização do Estado do Rio de Janeiro e do Município de Arraial do Cabo (a). Mapa de Arraial do Cabo indicando as praias de amostragem (b).

Os costões rochosos são caracterizados por cobertura bentônica composta principalmente por macroalgas e matriz de algas epilíticas (turfs), com alta abundância

de clorófitas e rodófitas (Paula et al. 2020, Cordeiro et al. 2020). Entre as espécies dominantes estão *Ulva lactuca*, *Willeella brachyclados*, *Gelidium pusillum*, *Amphiroa fragilissima*, *Jania capillacea*, *Hypnea pseudomusciformis* e *Polysiphonia scopulorum* (Lyrio 2020). Demais grupos taxonômicos como zoantídeos, esponjas, corais e invertebrados como ascídias, cirripédios, equinodermos e gastrópodes são encontrados em menor abundância (Aued et al. 2018, Mello-Fonseca et al. 2021). A ressurgência local atua como impulsionadora de mudanças sazonais na diversidade de espécies e promove picos na abundância de *Ulva* sp., *Sargassum* sp. (Guimaraens et al. 2005, 2008), e florações de zooplâncton (Valentin & Monteiro-Ribas 1993) principalmente nos meses de verão.

### **Captura das tartarugas marinhas**

As amostragens ocorreram em 2021 e 2022 durante as estações de verão (dezembro-janeiro) e inverno (julho-agosto) em três praias: Anjos, Pontal e Praia Grande. Anjos está localizada em uma enseada abrigada, enquanto Pontal fica ao norte do município e possui um canal que descarrega esgoto doméstico, já a Praia Grande está exposta ao mar aberto e é a praia diretamente afetada pela ressurgência (Figura 1).

As tartarugas marinhas foram capturadas manualmente através do mergulho livre. Depois de coletadas, com auxílio de um caiaque foram conduzidas até a areia da praia para manuseio e coleta de dados. A medida dos animais foi obtida utilizando o comprimento curvo da carapaça (CCC), medido com uma fita métrica flexível (precisão de 0,1 cm) do ponto anterior da incisura da escama nugal até a ponta posterior das escamas supracaudais. As tartarugas foram classificadas em recrutas (CCC < 40 cm) e juvenis (40-65 cm), considerando a população do Atlântico Sul (Lenz et al. 2017), de forma a inferir se há variação na dieta de acordo com a fase de desenvolvimento. Além disso, os animais foram marcados com anilhas metálicas disponibilizadas pelo Centro TAMAR/ICMBio. Em seguida foi realizada a lavagem esofágica e coleta de tecido para análises de isótopos estáveis, descritos nos tópicos abaixo. Todas as tartarugas foram soltas após o fim das amostragens. As capturas foram realizadas sob licença SISBIO nº 78142-1 (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade).

### **Análise da dieta**

A dieta foi obtida através do método de lavagem esofágica conforme protocolo adaptado de Forbes & Limpus (1993). A abertura da mandíbula foi feita com uso de espátulas odontológicas e a boca foi mantida aberta durante o processo da lavagem com auxílio de um pvc rígido. Para a lavagem utilizamos tubos flexíveis de 3/4", devido ao tamanho dos animais coletados, acoplados a uma bomba manual com válvula unidirecional. Para facilitar a entrada dos tubos aplicamos uma pequena camada de óleo mineral. O tempo entre a abertura da boca até a retirada dos tubos e liberação da mandíbula não excedeu 5 minutos. O conteúdo recuperado foi mantido refrigerado e depois fixado em formalina (formaldeído a 4%) até a análise.

Para quantificação, o material da lavagem esofágica foi espalhado uniformemente sobre uma placa de Petri com 100 pontos igualmente espaçados. Utilizando um estereomicroscópio todos os espécimes acima dos pontos foram identificados ao menor nível taxonômico possível. As algas foram agrupadas em subgrupos combinando o nome comum da classificação taxonômica e filo: (vermelho para rodófitas, verde para clorófitas e marrom para ocrófitas) e da estrutura morfológica (corticada, filamentosa, calcária articulada, frondosa, coriácea ou cenocítica) (Steneck & Dethier 1994). Dessa forma, os itens alimentares foram classificados em grupos morfo-funcionais: vermelho corticada, vermelho filamentosa, vermelha articulada calcarea, vermelha folhosa, verde cenocíticas, verde folhosa, verde filamentosa, marrom filamentosa, marrom coriácea, macrozooplâncton, antropogênico ou outros. Sedimentos e detritos não foram incluídos em nossas análises.

Para determinar as presas mais consumidas foi utilizada a frequência de ocorrência (FO). A FO foi calculada dividindo o número de tartarugas que consumiram o material pelo número total de tartarugas amostradas em uma determinada estação e praia. Esse cálculo foi feito para os itens alimentares e grupos. Considerando o limite utilizado por Awabdi et al. (2013), itens e grupos foram considerados representativos se a FO ultrapassasse 30%. Para determinar a contribuição dos grupos nos conteúdos, calculamos a abundância relativa (AR) dividindo o número de pontos na placa de Petri contendo o grupo pelo número total de pontos na amostra (excluindo pontos com sedimentos ou detritos) e multiplicando por 100.

Realizamos a análise de coordenadas principais (PCoA) para visualizar a sobreposição da dieta entre as estações de cada praia. A PCoA representa diretamente a semelhança entre as amostras, com os pontos mais próximos tendo dietas mais parecidas,

em termos de composição e abundância. Para PCoA, utilizamos a abundância relativa (AR) dos grupos, excluindo “antropogênico” e “outros”, e geramos uma matriz de dissimilaridade de Bray-Curtis com o comando `vegdist`, pacote ‘vegan’ (versão 2.6-2) (Oksanen et al. 2022). A PCoA com duas dimensões foi realizada com a função `cmdscale`, pacote ‘stats’ (R Core Team 2020). A correção de Cailliez foi aplicada para evitar autovalores negativos, e os autovalores atualizados foram utilizados para calcular a porcentagem de variação explicada por cada eixo. Para incluir os grupos alimentares no gráfico da PCoA, fizemos a projeção a posteriori com o comando “`wascores`”, pacote ‘vegan’, versão 2.6-2 (Oksanen et al. 2022). As análises foram realizadas no software R versão 4.0.3 (R Core Team 2020).

Para testar as relações entre os itens consumidos e as variáveis explicativas foi utilizada a análise de variância com permutação (PERMANOVA) do programa Primer versão 7.0.21 (Anderson et al. 2008). Para dieta utilizamos a abundância relativa (AR) dos grupos e geramos uma matriz de similaridade de Bray-Curtis. Foram definidos a praia (3 níveis: Anjos, Pontal, Praia Grande), a estação do ano (2 níveis: verão e inverno), a interação entre praia e estação do ano, e as classes de tamanho (2 níveis: recrutas e juvenis) como fatores fixos, além disso usamos o ano aninhado com a praia como fator aleatório. As análises foram realizadas utilizando a soma parcial dos quadrados Tipo III e a amostragem de Monte Carlo permutada sobre os resíduos de um modelo reduzido. Onde a PERMANOVA detectou diferenças significativas ( $P < 0,05$ ), usamos a análise de percentual de similaridade (SIMPER) disponível no PRIMER para identificar grupos que mais contribuem para a dissimilaridade média entre os níveis.

### **Análise de isótopos estáveis**

Fragmentos de pele foram coletados da axila das tartarugas capturadas com auxílio de bisturi dermatológico cilíndrico de 6mm de diâmetro e lâmina cirúrgica. Concomitantemente as amostragens das tartarugas, algas também foram coletadas para análises isotópicas. O material foi refrigerado até ser liofilizado e pesado. Aproximadamente 0,7 miligramas de pele seca e de macroalgas foram colocadas em cápsulas de estanho para análise da proporção de isótopos de carbono e nitrogênio. As análises foram feitas em um Espectrômetro de Massa de Razão Isotópica Delta Vtm (IRMS) com um Analisador Elemental Orgânico (OEA-Flash 2000). Todo

processamento e análises ocorreram no LARA (Laboratório de Radioecologia e Alterações Ambientais) do Instituto de Física da Universidade Federal Fluminense

As razões de isótopos estáveis foram expressas em notação delta ( $\delta$ ) como partes por mil (‰):  $\delta = ([\text{Ramostra/Rpadr\~{a}o}] - 1) \times 1000$ , onde R é a razão entre isótopos pesados e leves,  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  ou  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ . Utilizamos Peedee Belemnite e  $\text{N}^2$  atmosférico como padrões de carbono e nitrogênio, respectivamente. Correções lipídicas foram aplicadas aos valores de  $\delta^{13}\text{C}$ . Seguindo a abordagem de Post et al. (2007), tecidos cutâneos com  $\text{C:N} > 3,5$  foram ajustados utilizando a equação  $\delta^{13}\text{C}_{\text{normalizado}} = \delta^{13}\text{C}_{\text{n\~{a}o tratado}} - 3,32 + 0,99 \times \text{C:N}$ . Os valores de  $\delta^{13}\text{C}_{\text{normalizado}}$  foram utilizados para as análises e para fins de nomenclatura, será tratado como  $\delta^{13}\text{C}$ .

O nicho isotópico das tartarugas foi analisado através da estatística Bayesiana com o pacote SIBER (Jackson & Parnell 2022). Utilizamos o pacote para elaborar as elipses Bayesianas do nicho isotópico das tartarugas, com 95% de intervalo de confiança, para cada site e estação. Além disso, extraímos a informação da área padrão das elipses de cada site e estação.

Para testar a composição isotópica ( $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$ ) com relação as variáveis explicativas fizemos uma PERMANOVA no programa Primer versão 7.0.21 (Anderson et al. 2008). Foram definidos a praia (3 níveis: Anjos, Pontal, Praia Grande), a estação do ano (2 níveis: verão e inverno), a interação entre praia e estação do ano, e as classes de tamanho (2 níveis: recrutas e juvenis) como fatores fixos, além disso usamos o ano aninhado com a praia como fator aleatório.

## Resultados

### Tartarugas capturadas

Foram capturadas 73 tartarugas, sendo que em 2 destas não foi recuperado nenhum conteúdo durante a lavagem esofágica, e em outras 5 tartarugas não realizamos o procedimento da lavagem devido ao mau estado físico dos animais. Para análises da dieta foram utilizadas 66 amostras, obtidas de 62 tartarugas, visto que 4 tartarugas foram recapturadas durante o período de amostragem. O CCC dessas tartarugas variou de 29 a 63,1 cm (média  $\pm$  DP = 40,1  $\pm$  8,02 cm) (Tabela 1), 46 amostras eram de tartarugas recrutas (<40 cm CCC) e 20 de juvenis (CCC entre 40-60 cm).

Já nas análises de isótopos estáveis, utilizamos 52 amostras de 49 tartarugas, visto que tivemos 3 recapturas. O CCC dessas tartarugas variou de 29 a 63,1 cm (média  $\pm$  DP = 39,1  $\pm$  7,07 cm) (Tabela 1), 36 amostras eram de recrutas (<40 cm CCC) e 16 de juvenis (CCC entre 40-60 cm).

Tabela 1 – Número de amostras de conteúdo da lavagem esofágica e de tecido para análise de isótopos estáveis coletados de juvenis de *Chelonia mydas* em Arraial do Cabo, RJ. CCC = comprimento curvo da carapaça; DP = desvio padrão.

Praia	Estação	Ano	Lavagens (CCC média $\pm$ DP em cm)	Tecidos (CCC média $\pm$ DP em cm)
Anjos	Inverno	2021	3 (41,13 $\pm$ 1,32)	-
Anjos	Inverno	2022	7 (36,77 $\pm$ 5,06)	7 (36,77 $\pm$ 5,06)
Anjos	Verão	2021	2 (32,35 $\pm$ 0,07)	2 (32,35 $\pm$ 0,07)
Anjos	Verão	2022	4 (41,6 $\pm$ 6,76)	6 (40,87 $\pm$ 6,01)
Pontal	Inverno	2021	4 (43,2 $\pm$ 10,21)	-
Pontal	Inverno	2022	4 (44,8 $\pm$ 13,05)	4 (44,8 $\pm$ 13,05)
Pontal	Verão	2021	4 (46,83 $\pm$ 10,48)	4 (46,83 $\pm$ 10,48)
Pontal	Verão	2022	5 (42,26 $\pm$ 6,69)	5 (42,26 $\pm$ 6,69)
Praia Grande	Inverno	2021	8 (34,51 $\pm$ 2,66)	-
Praia Grande	Inverno	2022	7 (40,04 $\pm$ 6,97)	7 (40,04 $\pm$ 6,97)
Praia Grande	Verão	2021	6 (37,87 $\pm$ 2,73)	5 (37,87 $\pm$ 2,73)
Praia Grande	Verão	2022	12 (35,46 $\pm$ 3,16)	12 (34,96 $\pm$ 2,67)

## Conteúdo da lavagem esofágica

No total, encontramos 33 itens alimentares (i.e., qualquer material biológico ou antropogênico), categorizados em 12 grupos morfo-funcionais (i.e., tipo de algas, macrozooplâncton, antropogênico ou outros). Os conteúdos esofágicos continham entre 1 e 6 grupos morfo-funcionais. As algas foram identificadas na maioria dos conteúdos (n = 63), e os grupos morfo-funcionais mais frequentes foram as vermelhas corticadas (47 amostras), verdes folhosas (29 amostras), vermelhas calcárias articuladas e vermelhas filamentosas (20 amostras). Macrozooplâncton gelatinoso (medusas não identificadas ou *Chrysaora lactea*) foi a única matéria animal representativa nas amostras (n = 13). Itens de origem antropogênica (linhas, *nylon*, barbante de algodão e fragmentos de plástico) foram encontradas somente em 12 amostras (Tabela 2).

O grupo das algas vermelhas corticadas foi o mais frequente (em termos de frequência de ocorrência - FO), presente em todos os locais e estações, representado por *Hypnea pseudomusciformis*, *Gelidium pusillum* e *Pterocladia capillacea*. As vermelhas calcárias articuladas (*Amphiroa* sp. e *Jania capillacea*) foram predominantes nos Anjos e Pontal em ambas as estações. Os outros grupos foram mais específicos entre os locais e/ou estações. As vermelhas filamentosas (principalmente *Spyridia hypnoides*) foram identificadas no inverno no Pontal e em ambas as estações nos Anjos. As verdes cenocíticas identificadas em ambas as estações nos Anjos. Enquanto, as marrons filamentosas (*Sphacelaria rigidula*) são encontradas no inverno dos Anjos e no verão do Pontal. Durante o verão, houve um aumento na FO de verdes folhosas (gênero *Ulva*) em todas as praias, marrons coriáceas (*Sargassum furcatum*) exclusivamente nos Anjos, e macrozooplâncton na Praia Grande e no Pontal (Tabela 2). Embora houveram registros de algas vermelhas folhosas e verdes filamentosas, estas foram pouco frequentes. Os itens de origem antropogênica foram representativos tanto no verão dos Anjos, quanto no inverno de Praia Grande, entretanto, foram encontrados em baixa abundância (Figura 2).

Além da AR dos grupos ter variado entre os conteúdos esofágicos (Figura 2), foi no verão em todas as praias que a dieta foi mais diversificada entre os indivíduos (Figura 3). Essa diversificação está principalmente relacionada à presença de grupos que passaram a ser identificados como representativos e que tiveram alta abundância, as verdes folhosas e o macrozooplâncton (Tabela 2 e Figuras 2-3).

Tabela 2 – Frequência de ocorrência de grupos morfo-funcionais (em negrito) e itens alimentares por praia e estação do ano consumidos por juvenis de *Chelonia mydas* em Arraial do Cabo, RJ.

Grupos e itens alimentares	Anjos		Pontal		Praia Grande	
	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão
<b>Vermelhas corticadas</b>	<b>1</b>	<b>0,67</b>	<b>1</b>	<b>0,7</b>	<b>0,67</b>	<b>0,5</b>
<i>Hypnea pseudomusciformis</i>	1	0,5	1	0,67	0,13	
<i>Laurencia</i> sp.	0,1	0,17				
<i>Gelidium pusillum</i>			0,12		0,33	0,17
<i>Pterocladia capillacea</i>					0,4	0,33
<b>Vermelhas filamentosas</b>	<b>0,9</b>	<b>0,83</b>	<b>0,5</b>	<b>0,22</b>		
<i>Centroceras clavulatum</i>	0,3	0,17	0,12	0,11		
<i>Spyridia hypnoides</i>	0,9	0,83	0,38	0,22		
<b>Vermelhas articuladas calcáreas</b>	<b>0,4</b>	<b>0,5</b>	<b>0,88</b>	<b>0,44</b>	<b>0,13</b>	
<i>Amphiroa</i> sp.	0,4	0,17	0,75	0,22	0,07	
<i>Jania capillacea</i>		0,33	0,62	0,33	0,07	
<b>Vermelhas folhosas</b>					<b>0,07</b>	
<i>Plocamium brasiliensis</i>					0,07	
<b>Verdes cenocíticas</b>	<b>0,3</b>	<b>0,5</b>	<b>0,12</b>		<b>0,07</b>	<b>0,22</b>
<i>Caulerpa brachypus</i>	0,2					
<i>Caulerpa fastigiata</i>	0,1		0,12			
<i>Codium spongiosum</i>		0,5			0,07	0,22
<b>Verdes folhosas</b>	<b>0,4</b>	<b>0,67</b>	<b>0,12</b>	<b>0,89</b>	<b>0,27</b>	<b>0,44</b>
<i>Ulva</i> sp.1	0,4	0,67	0,12	0,89	0,27	0,44
<i>Ulva</i> sp.2				0,11		
<b>Verdes filamentosas</b>			<b>0,25</b>			<b>0,17</b>
<i>Cladophora albida</i>			0,25			0,11
<i>Derbesia</i> sp.						0,06
<b>Marrons filamentosas</b>	<b>0,3</b>		<b>0,25</b>	<b>0,56</b>		<b>0,06</b>
<i>Sphacelaria rigidula</i>	0,3		0,25	0,56		0,06
<b>Marrons coriáceas</b>	<b>0,2</b>	<b>0,33</b>	<b>0,12</b>	<b>0,11</b>		
<i>Sargassum furcatum</i>	0,2	0,33	0,12	0,11		
<b>Macrozooplâncton</b>				<b>0,33</b>	<b>0,07</b>	<b>0,5</b>
Medusas não identificadas				0,33	0,07	0,28
<i>Chrysaora lactea</i>						0,22
<b>Antropogênicos</b>		<b>0,33</b>	<b>0,25</b>		<b>0,33</b>	<b>0,17</b>
Espuma		0,17			0,2	0,06
Nylon		0,17	0,12		0,2	0,06
Madeira			0,12			
Linha					0,07	
Barbante					0,13	
Fragmentos plásticos						0,06
<b>Outros</b>	<b>0,4</b>			<b>0,22</b>	<b>0,07</b>	<b>0,11</b>
Formiga	0,1					
Esqueleto de coral	0,1					
Espinhas de <i>Eucidaris tribuloides</i>	0,1			0,11		

Escama de peixe	0,1		
Fragmento de crustáceo		0,11	0,07
Fragmento de concha			0,06
Planta terrestre			0,06

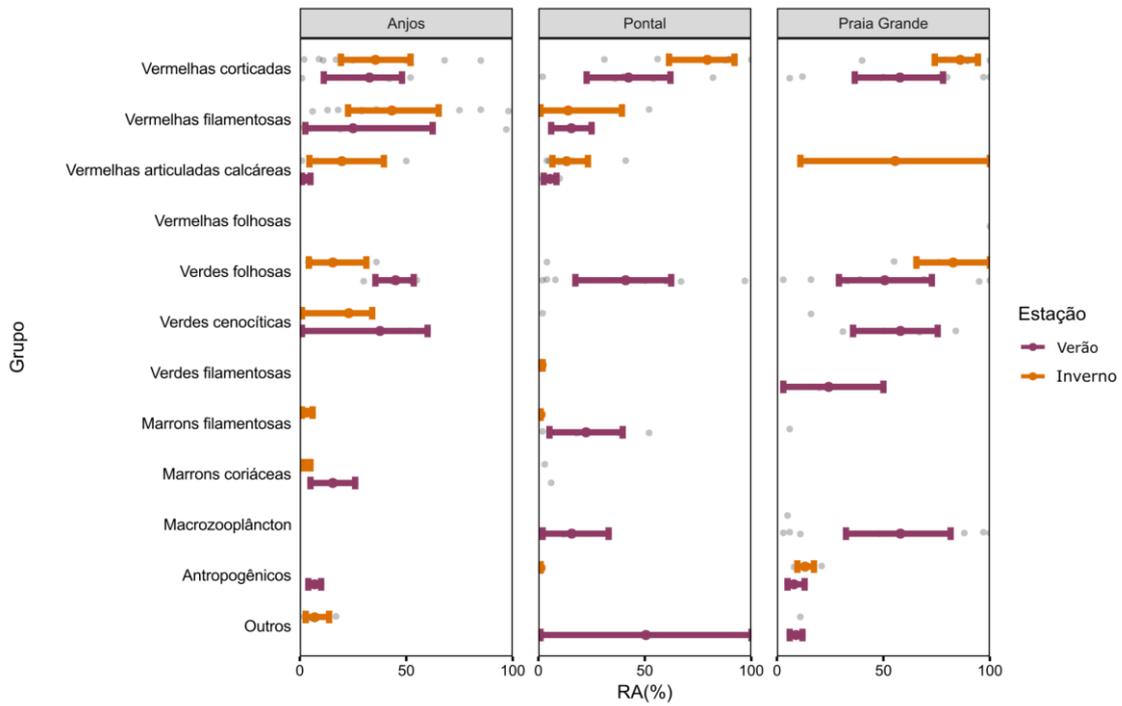


Figura 2 – Abundância relativa (AR) dos grupos morfo-funcionais consumidos juvenis de *Chelonia mydas* em Arraial do Cabo, RJ. Os pontos cinzas são valores para cada amostra, os pontos coloridos indicam a média e as barras o intervalo de confiança de 95%.

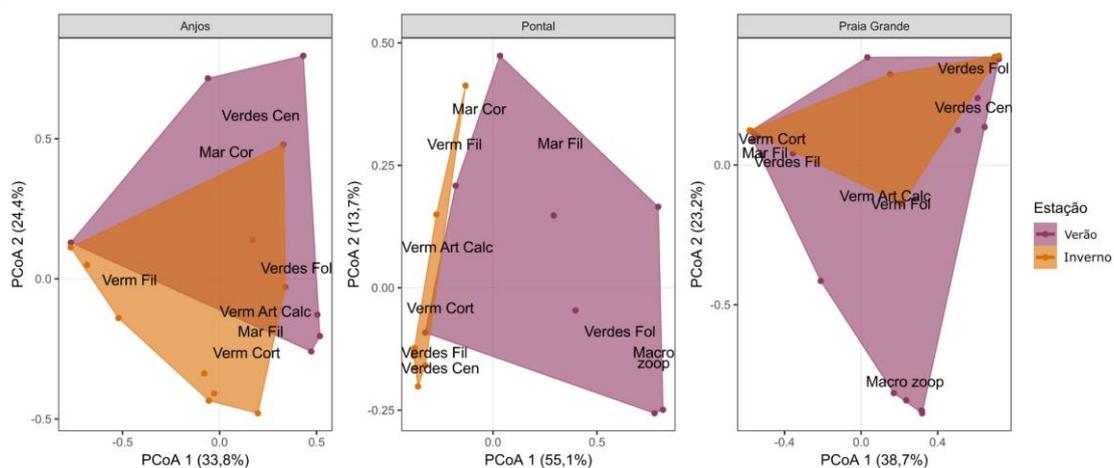


Figura 3 – Análise de coordenadas principais (PCoA) dos grupos morfo-funcionais consumidos juvenis de *Chelonia mydas* em Arraial do Cabo, RJ. Verm Cort = Vermelhas corticadas, Verm Fil = Vermelhas filamentosas, Verm Art Calc = Vermelhas articuladas calcárias, Verm Fol = Vermelhas folhosas, Verdes Fol = Verdes folhosas, Verdes Cen = Verdes cenocíticas, Verdes Fil = Verdes filamentosas, Mar Fil = Marrons filamentosas, Mar Cor = Marrons coriáceas, Macro zoop = Macrozooplâncton.

A PERMANOVA detectou efeitos significativos da praia ( $P = 0,035$ ) e da estação do ano ( $P = 0,004$ ) (Tabela 3). A análise SIMPER que apontou a dissimilaridade entre praias variou entre 76,93% e 86,79%, com diferenças na contribuição das vermelhas corticadas, vermelhas filamentosas, verdes folhosas e macrozooplâncton (Tabela 4). Já entre as estações do ano a SIMPER indicou que a dissimilaridade entre as estações foi de 85,24%, principalmente relacionada à variação nas abundâncias das vermelhas corticadas, verdes folhosas, vermelhas filamentosas e macrozooplâncton (Tabela 5).

Tabela 3 – Resultados da PERMANOVA da abundância relativa dos grupos morfo-funcionais consumidos por *Chelonia mydas*. O modelo considera  $AR \sim \text{praia} + \text{estação} + \text{classes de tamanho} + \text{praia} \times \text{estação} + \text{ano (praia)}$ . Em **negrito** valores significativos ( $P < 0,05$ ).

Fatores	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	Unique Perms	P(MC)
Classes de tamanho	1	4668,8	4668,8	1,3944	0,172	999	0,182
Praia	2	16515	8257,3	1,9766	0,001	342	<b>0,035</b>
Estação	1	10585	10585	3,1615	0,004	999	<b>0,004</b>
Praia×Estação	2	7074,2	3537,1	1,0564	0,38	997	0,357
Ano(praia)	3	12798	4266,1	1,2742	0,1547	998	0,175

Tabela 4 – Análise SIMPER da dissimilaridade entre as praias. Os grupos que mais discriminaram entre as praias possuem maior dissimilaridade média e maior contribuição para a dissimilaridade total. São mostrados apenas os táxons que contribuíram cumulativamente com até 70%.

Praias (Dissimilaridade média em %)	Grupos morfo-funcionais	Dissimilaridade média (%)	Contribuição (%)
Anjos e Pontal (76,93)			
	Vermelhas corticadas	23,80	30,94
	Vermelhas filamentosas	20,77	27,00
	Verdes folhosas	12,68	16,49
Anjos e Praia Grande (86,79)			
	Vermelhas corticadas	24,06	27,72
	Vermelhas filamentosas	23,79	27,41
	Verdes folhosas	14,60	16,82
Praia Grande e Pontal (84,58)			
	Vermelhas corticadas	33,72	39,87
	Verdes folhosas	15,72	18,59
	Macrozooplâncton	10,04	11,87

Tabela 5 – Análise SIMPER da dissimilaridade entre as estações do ano. Os grupos que mais discriminaram entre as praias possuem maior dissimilaridade média e maior contribuição para a dissimilaridade total. São mostrados apenas os táxons que contribuíram cumulativamente com até 70%.

Estações (Dissimilaridade média em %)	Grupos morfo-funcionais	Dissimilaridade média (%)	Contribuição (%)
Verão e Inverno (85,24)			
	Vermelhas corticadas	29,14	34,19
	Verdes folhosas	16,18	18,98
	Vermelhas filamentosas	11,16	13,09
	Macrozooplâncton	10,03	11,76

Os 3 indivíduos recapturados em Praia Grande variaram na composição da dieta (Figura 4). Essas recapturas ocorreram entre estações do mesmo ano, na mesma estação de anos diferentes e na mesma estação do mesmo ano. Entre todas essas recapturas houve uma mudança de dieta dominada por algas para dominada por organismos gelatinosos,

ou vice-versa. O outro indivíduo, capturado durante a época de ressurgência nos Anjos em 2021 e 2022, apresentou dieta semelhante em ambas as capturas.

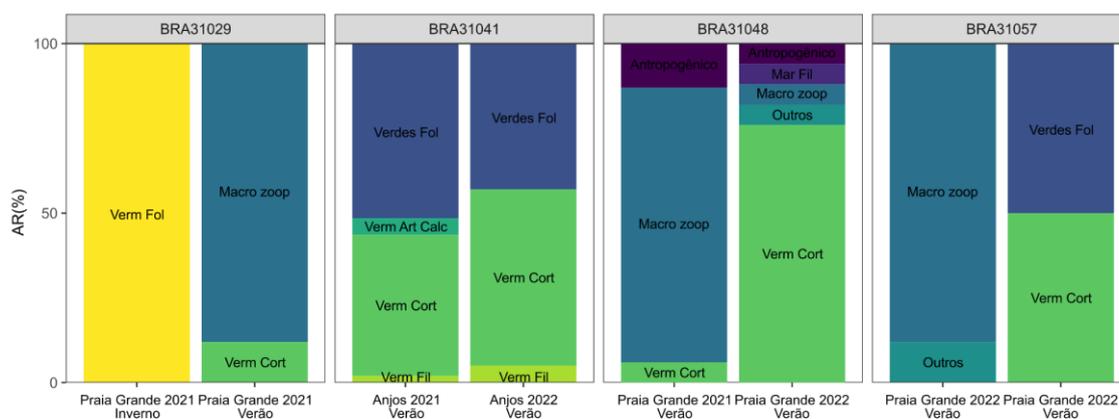


Figura 4 – Abundância relativa (AR) dos grupos morfo-funcionais consumidos por *Chelonia mydas* recapturas. Verm Cort = Vermelhas corticadas, Verm Fil = Vermelhas filamentosas, Verm Art Calc = Vermelhas articuladas calcárias, Verm Fol = Vermelhas folhosas, Verdes Fol = Verdes folhosas, Mar Fil = Marrons filamentosas, Macro zoop = Macrozooplâncton. “Outros” e “Antropogênicos” não foram abreviados.

### Isótopos estáveis

Os valores de  $\delta^{13}\text{C}$  das tartarugas variaram de  $-18,1\text{‰}$  a  $-14\text{‰}$  ( $-15,6 \pm 0,89$  média  $\pm$  DP), já os valores de  $\delta^{15}\text{N}$  variaram de  $4,49\text{‰}$  a  $11,8\text{‰}$  ( $7,98 \pm 1,58$  média  $\pm$  DP) (Tabela 6 e Figura 5). A área do espaço isotópico variou entre as estações, apesar de apresentar alta sobreposição. Anjos apresentou um nicho isotópico mais amplo no inverno, enquanto Pontal e Praia Grande exibiram nichos isotópico mais amplos no verão (Figuras 5 e 6).

A PERMANOVA identificou efeitos significativos da estação para  $\delta^{13}\text{C}$  ( $P = 0,005$ ) e nenhum efeito significado das variáveis com o  $\delta^{15}\text{N}$  (Tabelas 7 e 8). Entre as estações,  $\delta^{13}\text{C}$  apresentou valores medianos maiores nas amostras de inverno do que nas amostras de verão,  $-15,2\text{‰}$  (DP =  $0,582\text{‰}$ ) comparado a  $-15,9\text{‰}$  (DP =  $0,900\text{‰}$ ).

Todas as recapturas ocorreram na mesma estação de anos diferentes. A assinatura isotópica de 2 indivíduos recapturados apresentou pouca variação, enquanto um indivíduo (BRA31057) apresentou variação maior nos valores de  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$  (Figura 7).

Tabela 6 – Assinaturas isotópicas de carbono ( $\delta^{13}\text{C}$ ) e nitrogênio ( $\delta^{15}\text{N}$ ) das tartarugas marinhas por praia, estação e ano, expressa em média e desvio padrão (DP).

Praia	Estação	Ano	$\delta^{13}\text{C}$ (média $\pm$ DP)	$\delta^{15}\text{N}$ (média $\pm$ DP)
Anjos	Inverno	2021	-	-
Anjos	Inverno	2022	-15,4 $\pm$ 0,59	7,86 $\pm$ 1,66
Anjos	Verão	2021	-16,04 $\pm$ 0,58	6,68 $\pm$ 0,6
Anjos	Verão	2022	-15,99 $\pm$ 0,74	7,57 $\pm$ 1,06
Pontal	Inverno	2021	-	-
Pontal	Inverno	2022	-14,89 $\pm$ 0,45	9,97 $\pm$ 1,12
Pontal	Verão	2021	-16,73 $\pm$ 0,97	7,7 $\pm$ 1,86
Pontal	Verão	2022	-15,89 $\pm$ 1,03	7,84 $\pm$ 1,56
Praia Grande	Inverno	2021	-	-
Praia Grande	Inverno	2022	-14,87 $\pm$ 0,57	9,74 $\pm$ 1,23
Praia Grande	Verão	2021	-15,8 $\pm$ 1,18	7,53 $\pm$ 0,74
Praia Grande	Verão	2022	-15,6 $\pm$ 0,8	7,14 $\pm$ 1,29

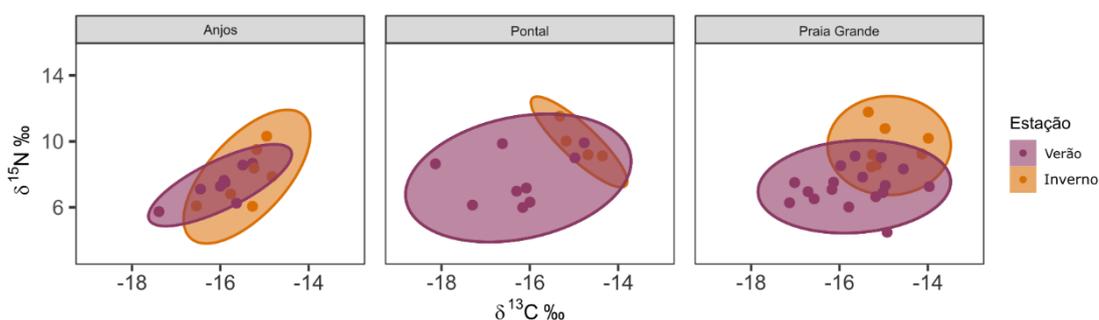


Figura 5 – Biplot dos valores dos isótopos estáveis de  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$  (‰) para indivíduos de *Chelonia mydas* capturadas em Arraial do Cabo, RJ. Os pontos representam os indivíduos e as elipses indicam um intervalo de 95% de confiança.

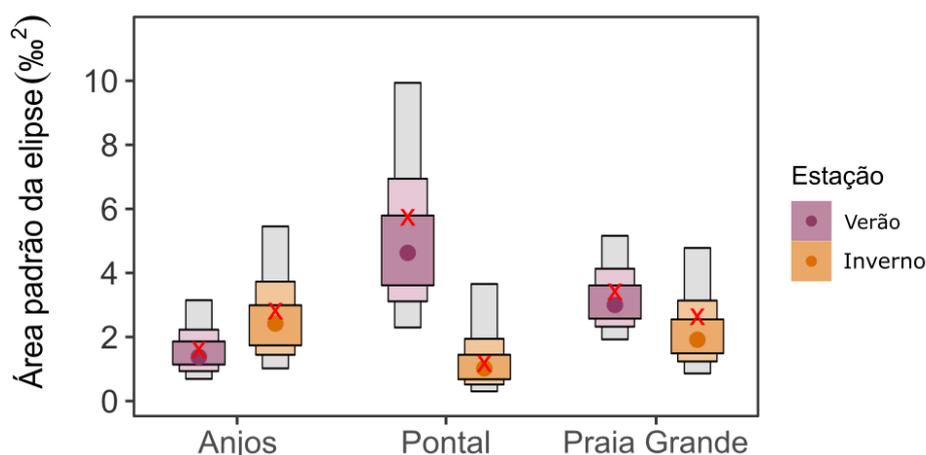


Figura 6 – Área padrão da elipse das tartarugas capturas em Arraial do Cabo, RJ. Os três níveis de barras indicam o intervalo de confiança de 95%,75% ou 50%, da cor mais escura para a cor mais clara. Os pontos indicam as estimativas bayesianas da área padrão das elipses e o ‘x’ indica a área padrão das elipses corrigidas para amostras pequenas.

Tabela 7 – Resultados da PERMANOVA para  $\delta^{13}\text{C}$ . O modelo considera  $\delta^{13}\text{C} \sim \text{praia} + \text{estação} + \text{classes de tamanho} + \text{praia} \times \text{estação} + \text{ano}(\text{praia})$ . Em negrito valores significativos ( $P < 0,05$ ).

Fatores	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	Unique Perms	P(MC)
Classes de tamanho	1	0,0001374	0,0001374	0,0002108	0,994	998	0,988
				9			
Praia	2	1,2099	0,60496	1,0351	0,488	179	0,433
Estação	1	5,4246	5,4246	8,3262	0,006	998	<b>0,005</b>
Praia×Estação	2	1,7192	0,57306	0,16326	0,837	999	0,845
Ano(praia)	3	1,7192	0,57306	0,87958	0,458	997	0,465
Res	42	27,364	0,65152				

Tabela 8 – Resultados da PERMANOVA para  $\delta^{15}\text{N}$ . O modelo considera  $\delta^{15}\text{N} \sim \text{praia} + \text{estação} + \text{classes de tamanho} + \text{praia} \times \text{estação} + \text{ano}(\text{praia})$ .

Fatores	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	Unique Perms	P(MC)
Classes de tamanho	1	16192	16192	1,095	0,338	996	0,302
Praia	2	1094	547	0,25228	1	178	0,98

Estação	1	25632	25632	1,7334	0,183	997	0,198
Praia×Estação	2	59164	29582	2,0005	0,201	999	0,157
Ano(praia)	3	68566	22855	1,5456	0,253	999	0,219
Res	42	6,2106E+05	14787				

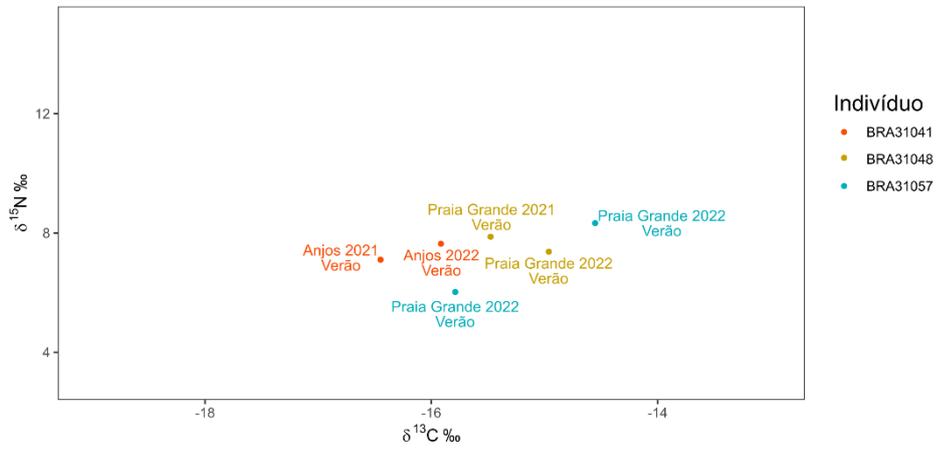


Figura 7 – Assinatura isotópica das tartarugas recapturadas.

Entre as algas, a Praia Grande foi o ponto com maior média de  $\delta^{13}\text{C}$  ( $-12,8 \pm 2,73$ ) seguido de Anjos ( $-15,9 \pm 3,96$ ) e Pontal ( $-17,3 \pm 3,87$ ). Já a média de  $\delta^{15}\text{N}$ , foi mais alta no Pontal ( $7,09 \pm 1,08$ ), seguido da Praia Grande ( $6,17 \pm 0,86$ ) e Anjos ( $5,38 \pm 1,02$ ). Entre as estações do ano, a média de  $\delta^{13}\text{C}$  apresentou pouca variação nos Anjos ( $-15,6\%$  no verão e  $-16,1\%$  no inverno), valor maior no inverno no Pontal ( $-18,1\%$  contra  $-16,2\%$ ) e valor maior no verão na Praia Grande ( $-14,6\%$  contra  $-11,8\%$ ). Para o  $\delta^{15}\text{N}$  o verão apresentou valores mais elevados no Pontal ( $7,31\%$  contra  $6,77\%$ ) e Praia Grande ( $6,51\%$  contra  $5,61\%$ ), enquanto Anjos teve média mais elevada no inverno ( $5,92\%$  contra  $4,76\%$ ). Apesar da diferença na média entre praias e estações do ano, as assinaturas isotópicas das algas apresentaram grande sobreposição (Tabela 9 e Figura 8).

Tabela 9 – Assinaturas isotópicas de carbono ( $\delta^{13}\text{C}$ ) e nitrogênio ( $\delta^{15}\text{N}$ ) das algas de Arraial do Cabo por estação do ano, expressa em média e desvio padrão e com o número de amostras (n).

Fontes	Inverno			Verão			Referência
	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	n	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	n	
<i>Centroceras clavulatum</i>	-18,81	7,43	1	$-16,27 \pm 1,69$	$6,57 \pm 1,24$	2	Esse estudo
<i>Codium spongiosum</i>	-12,3	5,8	1	$-12,3 \pm 5,8$	$4,74 \pm 1,25$	2	Esse estudo
<i>Hypnea pseudomusciformis</i>	$-18,68 \pm 4,81$	$6,68 \pm 0,74$	2	$-17,31 \pm 1,04$	$5,46 \pm 1,15$	2	Esse estudo
<i>Laurencia</i> sp.	-12,08	5,96	1	-16,97	7	1	Esse estudo
<i>Pterocladia capillacea</i>	$-13,4 \pm 1,65$	$6,4 \pm 0,9$	2	-10,95	7,55	1	Esse estudo
<i>Sargassum furcatum</i>	-12,18	6,4	1	$-11,73 \pm 4,36$	$5,5 \pm 2,84$	2	Esse estudo
<i>Spyridia hypnoides</i>	-18,82	5,82	1	$-15,61 \pm 1,15$	$6,57 \pm 1,67$	3	Esse estudo
<i>Ulva</i> sp.	$-18,5 \pm 1,9$	$5,18 \pm 0,62$	3	$-15,18 \pm 0,8$	$6,54 \pm 2,29$	3	Esse estudo
<i>Amphiroa</i> sp.				$-9,30 \pm 0,30$	$6,45 \pm 0,37$	6	Cardozo-Ferreira et al. 2023
<i>Dictyota mertensii</i>				$-16,31 \pm 1,03$	$6,14 \pm 0,46$	6	Cardozo-Ferreira et al. 2023
<i>Dictyota</i> sp.				$-17,19 \pm 1,07$	$6,25 \pm 0,31$	6	Cardozo-Ferreira et al. 2023
<i>Plocamium brasiliense</i>	$-26,44 \pm 2,87$	$6,87 \pm 0,20$	3	$-29,12 \pm 1,12$	$6,73 \pm 0,20$	3	Cardozo-Ferreira et al. 2023
<i>Sargassum</i> sp.				$-15,17 \pm 1,34$	$6,49 \pm 0,24$	6	Cardozo-Ferreira et al. 2023
Turf	$-9,79 \pm 1,31$	$6,93 \pm 0,38$	8	$-10,67 \pm 2,45$	$6,06 \pm 0,51$	2	Cardozo-Ferreira et al. 2023
<i>Halodule</i> sp.	-13,5	4,16	1				Corbisier et al. 2014
Rhodophyta				-14,49	6,98	1	Corbisier et al. 2014
Rhodophyta				-14,31	5,38	1	Corbisier et al. 2014
<i>Sargassum</i> sp.				$-15,66 \pm 0,23$	$6,77 \pm 1,13$	2	Corbisier et al. 2014
<i>Ulva</i> sp.				-14,5	7,67	1	Corbisier et al. 2014
<i>Ulva</i> sp.				-15,66	5,81	1	Corbisier et al. 2014

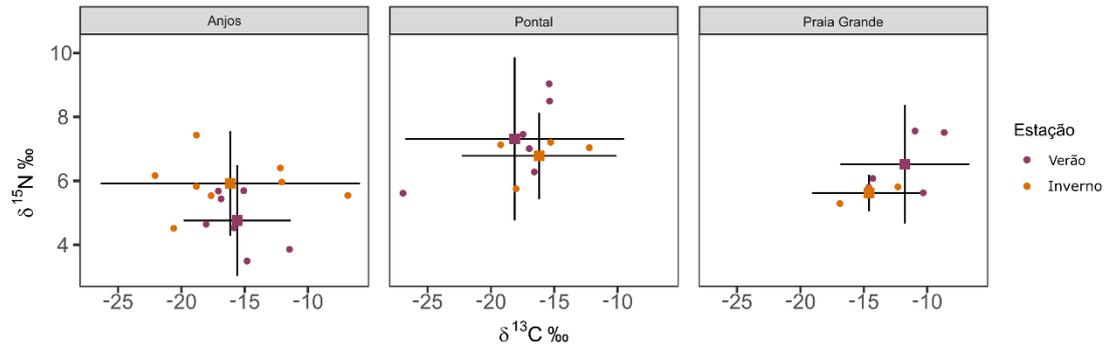


Figura 8 – Assinaturas isotópicas de carbono ( $\delta^{13}\text{C}$ ) e nitrogênio ( $\delta^{15}\text{N}$ ) das algas amostradas, por praia e estação do ano. Os quadrados representam a média e a linha o desvio padrão.

## Discussão

As macroalgas constituíram a maior parte do conteúdo alimentar e dentre as algas, as vermelhas corticadas e filamentosas foram as mais consumidas. Ambos os grupos estão entres os principais na composição alimentar de *C. mydas* em áreas de forrageamento em todo o mundo (Carrión-Cortez et al. 2010, López-Mendilaharsu et al. 2008, Reisser et al. 2013, Santos et al. 2015b). A nível de gênero e espécie, as macroalgas mais representativas, *H. pseudomusciformis*, *G. pusillum* e *P. capillacea*, também foram caracterizadas como importantes em áreas de forrageamento no nordeste e sul do Brasil (Reisser et al. 2013, Santos et al. 2015b), além de já terem sido encontradas em indivíduos encalhados em Arraial do Cabo (Awabdi et al. 2013). As algas vermelhas possuem alta disponibilidade na região (Yoneshigue-Valentin & Valentin 1992), portanto, a abundância das presas parece ser um fator determinante no padrão de dieta observado. Ao avaliarmos os valores isotópicos médios das algas mais abundantes na região, encontramos os valores de  $\delta^{15}\text{N}$  entre 4,74 e 7,67‰ e os valores de  $\delta^{13}\text{C}$  entre -29,12 e -10,95‰ (Tabela 9), com isso, a faixa isotópica de 4,49 a 11,8‰ de  $\delta^{15}\text{N}$  e de -18,1‰ a -14‰ de  $\delta^{13}\text{C}$  das tartarugas também é consistente com uma dieta majoritariamente herbívora.

Dentre as macroalgas, as tartarugas-verdes são mais eficientes na digestão dos carboidratos estruturais das rodófitas e clorófitas do que das ocrófitas (Bjorndal, 1980, Campos & Cardona 2020). Ambos os grupos de algas, em geral, possuem parede celular menos resistente a digestão e comparativamente menos metabólitos secundários (Davis et al., 2003). Para *C. mydas*, o grau de digestibilidade das rodófitas pode inclusive se assemelhar a capacidade de digestão da proteína animal (Campos & Cardona 2020). Esses fatores biológicos em conjunto com a disponibilidade, fazem com que as rodófitas e clorófitas sejam itens importantes para a dieta de tartarugas-verdes em diversas áreas de forrageamento no Atlântico Sul e no Pacífico Leste, incluindo Arraial do Cabo (Arthur & Balazs 2008, Russell & Balazs 2009, Reisser et al. 2013, Santos et al. 2015, Gama et al. 2016, di Benedetto et al. 2017).

A eficiência de digestão de matéria vegetal em tartarugas-verdes diminui com a temperatura da água e aumenta com o tamanho do indivíduo (Bjorndal 1980; Morais et al. 2014). Nesse estudo, a captura manual favoreceu a amostragem de tartarugas pequenas, e revelou que mesmo os indivíduos recém recrutados já possuem uma dieta majoritariamente herbívora. A capacidade de assimilação de matéria vegetal está

relacionada com a mudança ontogenética, que nas tartarugas-verdes pode ocorrer após anos de residência no ambiente costeiro (Cardona et al. 2010, Morais et al. 2014, Palmer et al. 2021) ou ocorrer rapidamente após o recrutamento (Vélez-Rubio et al. 2016, Campos et al. 2018, Campos & Cardona 2020). Apesar das comunidades microbianas intestinais serem componentes importantes da ecologia alimentar das tartarugas verdes, os padrões de aquisição da microbiota ainda são pouco conhecidos e o contexto ecológico parece desempenhar um papel importante na ecologia nutricional das mesmas (Bjorndal 1980).

Em Arraial do Cabo, ouriços e peixes-herbívoros são importantes consumidores de macroalgas, entre elas algas vermelhas corticadas e filamentosas (Ferreira et al. 1998, Mendes et al. 2009, Cordeiro et al. 2020, Cardozo-Ferreira et al. 2023). Comparado aos nossos resultados, identificamos sobreposição alimentar com as tartarugas-verdes, o que sugere competição interespecífica na área de estudo. Tartarugas aparentam sustentar uma alta taxa de ingestão comparativa a outros herbívoros incluindo peixes (Heithaus, 2013), apesar disso, o papel ecológico de tartarugas-verdes é amplamente discutido, visto que apresentam biomassa muito inferior a outros grupos de herbívoros (Cardona et al. 2020). Considerando a alta densidade de *C. mydas* em Arraial do Cabo (Mello-Fonseca et al. 2021) e a taxa da herbivoria, o papel funcional dessa espécie na biomassa de macroalgas local pode ser importante. Porém, são necessários esforços de amostragem para a estimar a taxa de consumo da espécie a fim de entender os efeitos da herbivoria no ecossistema bentônico.

A variação alimentar das tartarugas entre o verão e o inverno também indica uma provável relação da alimentação com a disponibilidade das presas, e pode estar associada com a influência da temperatura. No verão, estação com maior disponibilidade de algas verdes folhosas e macrozooplâncton (Guimaraens et al. 2005, 2008), encontramos maior abundância destes itens nos conteúdos de lavagem esofágica. Já nas assinaturas isotópicas, identificamos alta sobreposição entre as estações do ano, tanto nas tartarugas quanto nas macroalgas. Os eventos de ressurgência aumentam os valores de  $\delta^{15}\text{N}$  através do acréscimo de  $^{15}\text{N}$  no sistema e podem diminuir os valores de  $\delta^{13}\text{C}$  através da entrada do carbonato rico em  $^{12}\text{C}$  (Trueman & Moore 2007). Apesar de mais frequente no verão a ressurgência ocorre durante todo o ano (Cardozo-Ferreira et al. 2023), e pode provocar homogeneização das assinaturas isotópicas de  $\delta^{15}\text{N}$  entre as estações. Já os resultados do carbono apontam valores menores de  $\delta^{13}\text{C}$  nas tartarugas amostradas no verão. A

diferença nos valores de  $\delta^{13}\text{C}$  pode estar relacionada a ressurgência, mas também a temperatura e produtividade, que alteram as diferentes fontes de carbono inorgânico assimilado pelas macroalgas, e esses valores são refletidos nas tartarugas (Keeley & Sandquist 1992, Trueman et al. 2012).

Ao analisar os nichos isotópicos, as tartarugas da Praia Grande e Pontal apresentaram uma maior amplitude de nicho nos meses de verão do que as tartarugas do Anjos. Nessa estação a dieta das tartarugas de Praia Grande e Pontal foi mais diversificada entre os indivíduos, e provavelmente a maior variabilidade de itens ingeridos reflete a maior variabilidade isotópica observada (Vander Zanden et al. 2013). Além da facilidade de digestão de clorófitas, como mencionado acima, tartarugas-verdes podem manter a capacidade de assimilação de matéria animal mesmo após a especialização para uma dieta herbívora, e com isso, é possível que a espécie tenha um uso mais abrangente dos recursos alimentares (Campos & Cardona 2020). Nossos resultados de ingestão e assinaturas isotópicas confirmam que as tartarugas-verdes de Arraial do Cabo possuem uma dieta herbívora, mas podem exibir hábitos alimentares mais generalistas, o que pode estar associado a melhor aquisição de nutrientes de acordo com as condições ambientais locais.

No estudo de Clyde-Brockway et al. (2022) na Costa Rica foi observada variação sazonal no nicho isotópico, com maior amplitude durante a ausência de ressurgência. Durante a ausência de ressurgência, as dietas foram mais diversificadas e os indivíduos mais especialistas, se alimentando principalmente de macroalgas, enquanto nos períodos de ressurgência, as tartarugas possuíam dietas mais semelhantes entre si com o consumo de peixes. Em nosso estudo identificamos um padrão oposto, no verão a dieta e nicho isotópico apontam para maior diversidade de itens, como mencionado acima. A diferença no padrão observado pode estar relacionada em como a ressurgência influencia a disponibilidade de presas em cada local e nos itens que são consumidos pelas tartarugas. Em regiões adjacentes a Costa Rica já foram observadas tartarugas se alimentando oportunisticamente de peixes, além do registro de alimentação por invertebrados móveis (López-Mendilaharsu et al. 2005, Amorocho & Reina 2007, Sampson et al. 2018). Durante a ressurgência esses indivíduos se especializam nessa alimentação, mantendo o consumo da matéria animal. Em Arraial do Cabo os indivíduos já possuem dieta herbívora, e no período da ressurgência ocorre a alteração de diversidade e abundância das macroalgas. Com isso as tartarugas podem estar se beneficiando das algas disponíveis

e esporadicamente consumindo macrozooplâncton gelatinoso, quando este se encontra disponível.

A lavagem esofágica é uma subamostragem do trato gastrointestinal e subestima a ingestão de material de origem antropogênica (Choi et al. 2021), no entanto esses itens foram representativos nas nossas análises. Arraial do Cabo faz parte de uma unidade de conservação marinha de uso sustentável com usos múltiplos, incluindo maricultura, pesca, lançamento de esgoto, atividade portuária e intenso turismo aquático (Giglio et al. 2017, Cardozo-Ferreira et al. 2021). Assim como em vários destinos turísticos, embalagens de alimentos, copos plásticos e tampas de garrafas são os detritos antrópicos mais comuns encontrados nas praias (Silva et al. 2018), além de fibras associadas à pesca/navegação que é encontrada sobre a comunidade bentônica (Cardozo-Ferreira et al. 2021). Os detritos antrópicos encontrados (espuma, nylon, madeira, linha, barbante e fragmentos de plástico) podem estar associados a todas essas atividades, principalmente à pesca e à navegação. São necessárias investigações futuras sobre o efeito desses itens para a saúde dos animais e as consequências do acúmulo desse material no estômago e intestinos.

A região sudeste do Brasil consiste em uma importante zona de forrageamento para juvenis da espécie *C. mydas*, com alguns locais apresentando densidades comparativas a zonas tropicais (Mello-Fonseca et al. 2022). Essas altas densidades são fruto do sucesso de programas de conservação (Marcovaldi & dei Marcovaldi 1999) nas últimas décadas ao longo da costa e ilhas oceânicas do Brasil, pontos críticos de desova da espécie. O sucesso dessas iniciativas de conservação teve como consequência a recuperação de estoques e principalmente a volta de juvenis a áreas de forrageamento (Mazaris et al. 2017). Enquanto muitos herbívoros importantes como peixes papagaio (Labridae) tem sofrido de sobrepesca, e os sistemas recifais tropicais e subtropicais do mundo e do Brasil constatam a perda funcional destes (Akita et al. 2022, Leitão et al. 2023), as tartarugas-verdes vem aumentando a biomassa e tem potencial de preencher o nicho funcional. O presente trabalho combinou a técnica de lavagem esofágica com a análise de isótopos estáveis para compreender os padrões sazonais de forrageamento das tartarugas-verdes, *Chelonia mydas*, em costões rochosos subtropicais de Arraial do Cabo. Os resultados confirmam uma dieta dominada por macroalgas, onde principalmente as algas vermelhas corticadas e filamentosas, tiveram grande contribuição para a alimentação dos indivíduos analisados. A variação na dieta e na assinatura isotópica entre

as estações do ano indica que a ecologia alimentar de *C. mydas* é relacionada com a disponibilidade das presas. A incidência de detritos de origem antropogênica na lavagem esofágica demonstra a necessidade de investigações sobre o acúmulo desse material no estômago e intestinos. Combinar dados de dieta, taxas de herbivoria (eg. ecologia nutricional) e padrões de abundância constituem objetivos fundamentais para se entender o papel funcional das tartarugas-verdes em ambientes recifais costeiros e desse modo poder manejar sobre a conservação das mesmas.

## Referências

- Akita Y, Kurihara T, Uehara M, Shiwa T, Iwai K (2022) Impacts of overfishing and sedimentation on the feeding behavior and ecological function of herbivorous fishes in coral reefs. *Mar Ecol Prog Ser* 686: 141–157.
- Amorocho DF, Reina RD (2007) Feeding ecology of the East Pacific green sea turtle *Chelonia mydas agassizii* at Gorgona National Park, Colombia. *Endang Species Res* 3:43–51.
- Anderson M, Gorley RN, Clarke RK (2008) *Permanova+ for Primer: Guide to Software and Statistical Methods*. PRIMER-E Limited, Plymouth, UK.
- Arthur, KE., Balazs, GH (2008) A comparison of immature green turtle (*Chelonia mydas*) diets among seven sites in the main Hawaiian Islands. *Pac. Sci.* 62:205–218.
- Aued AW, Smith F, Quimbayo JP, Cândido DV, Longo GO, Ferreira CEL, Witman JD, Floeter SR, Segal B (2018) Large-scale patterns of benthic marine communities in the Brazilian Province. *PLoS One* 13:e0198452.
- Awabdi DR, Siciliano S, di Benedetto APM (2013) First information about the stomach contents of juvenile green turtles, *Chelonia mydas*, in Rio de Janeiro, south-eastern Brazil. *Mar Biodivers Rec* 6:e5.
- Bellini C, Sanches TM (1996) Reproduction and feeding of marine turtles in the Fernando de Noronha. *Marine Turtle Newsletter* 74:12–13.
- Bellini C, Santos AJB, Grossman A, Marcovaldi MA, Barata PCR (2013) Green turtle (*Chelonia mydas*) nesting on Atol das Rocas, north-eastern Brazil, 1990–2008. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 93:1117–1132.
- Bjorndal KA (1980) Nutrition and grazing behavior of the green turtle *Chelonia mydas*. *Mar Biol* 56:147–154.
- Bjorndal KA (1985) Nutritional ecology of sea turtles. *Copeia* 1985:736.
- Bolten AB (2003) Variation in sea turtle life history patterns: neritic vs. oceanic developmental stages. In: *The Biology of Sea Turtles*. Lutz PL, Musick JA, Wyneken J (eds) CRC Press, Florida, p 243–257
- Boyle MC, Limpus CJ (2008) The stomach contents of post-hatchling green and loggerhead sea turtles in the southwest Pacific: An insight into habitat association. *Mar Biol* 155:233–241.

Burkholder DA, Heithaus MR, Thomson JA, Fourqurean JW (2011) Diversity in trophic interactions of green sea turtles *Chelonia mydas* on a relatively pristine coastal foraging ground. *Mar Ecol Prog Ser* 439:277–293.

Campos P, Cardona L (2020) Trade-offs between nutritional quality and abundance determine diet selection in juvenile benthic green turtles. *J Exp Mar Biol Ecol* 527:151373.

Campos P, Guivernau M, Prenafeta-Boldú FX, Cardona L (2018) Fast acquisition of a polysaccharide fermenting gut microbiome by juvenile green turtles *Chelonia mydas* after settlement in coastal habitats. *Microbiome* 6:69.

Cardona L, Aguilar A, Pazos L (2009) Delayed ontogenic dietary shift and high levels of omnivory in green turtles (*Chelonia mydas*) from the NW coast of Africa. *Mar Biol* 156:1487–1495.

Cardona L, Campos P, Levy Y, Demetropoulos A, Margaritoulis D (2010) Asynchrony between dietary and nutritional shifts during the ontogeny of green turtles (*Chelonia mydas*) in the Mediterranean. *J Exp Mar Biol Ecol* 393:83–89.

Cardona L, Campos P, Velásquez-Vacca A (2020). Contribution of green turtles *Chelonia mydas* to total herbivore biomass in shallow tropical reefs of oceanic islands. *PLOS ONE* 15:e0228548.

Cardozo-Ferreira GC, Calazans TL, Benevides LJ, Luiz OJ, Ferreira CEL, Joyeux J-C (2021) Ecological traits influencing anthropogenic debris ingestion by herbivorous reef fishes. *Front Mar Sci* 8:1–15.

Cardozo-Ferreira, G, Ferreira, C, Choat, J, Mendes, T, Macieira, R, Rezende, C, Joyeux, J, Clements, K (2023) Seasonal variation in diet and isotopic niche of nominally herbivorous fishes in subtropical rocky reefs. *Mar Ecol Prog Ser* 722:125–143.

Carpenter EJ, Smith KL (1972) Plastics on the sargasso sea surface. *Science* (1979) 175:1240–1241.

Carrión-Cortez JA, Zárate P, Seminoff JA (2010) Feeding ecology of the green sea turtle (*Chelonia mydas*) in the Galapagos Islands. *J Mar Biol Assoc UK* 90:1005–1013

Choi DY, Gredzens C, Shaver DJ (2021) Plastic ingestion by green turtles (*Chelonia mydas*) over 33 years along the coast of Texas, USA. *Mar Pollut Bull* 173:113111.

Clyde-Brockway CE, Heidemeyer M, Paladino F v, Flaherty EA (2022) Diet and foraging niche flexibility in green and hawksbill turtles. *Mar Biol* 169:108.

Corbisier, T, Petti, M, Soares, L, Muto, E, Bromberg, S, Valiela, I (2014). Trophic structure of benthic communities in the Cabo Frio upwelling system (southeastern Brazilian shelf): a temporal study using stable isotope analysis. *Mar Ecol Prog Ser* 512: 23–38.

Cordeiro CAMM, Harborne AR, Ferreira CEL, Mendes M, Harborne AR, Ferreira CEL (2020) The biophysical controls of macroalgal growth on subtropical reefs. *Front Mar Sci* 7:1–14.

Davis TA, Volesky B, Mucci A (2003) A review of the biochemistry of heavy metal biosorption by brown algae. *Water Res* 37:4311–4330.

di Benedetto APM, Awabdi DR (2014) How marine debris ingestion differs among megafauna species in a tropical coastal area. *Mar Pollut Bull* 88:86–90.

di Benedetto APM, Siciliano S, Monteiro LR (2017) Herbivory level and niche breadth of juvenile green turtles (*Chelonia mydas*) in a tropical coastal area: insights from stable isotopes. *Mar Biol* 164:13.

Díaz-Abad L, Bacco-Mannina N, Madeira FM, Neiva J, Aires T, Serrao EA, Regalla A, Patrício AR, Frade PR (2022a) EDNA metabarcoding for diet analyses of green sea turtles (*Chelonia mydas*). *Mar Biol* 169:18.

Díaz-Abad L, Bacco-Mannina N, Madeira FM, Serrao EA, Regalla A, Patrício AR, Frade PR (2022b) Red, gold and green: microbial contribution of Rhodophyta and other algae to green turtle (*Chelonia mydas*) gut microbiome. *Microorganisms* 10:1988.

Duncan EM, Arrowsmith JA, Bain CE, Bowdery H, Broderick AC, Chalmers T, Fuller WJ, Galloway TS, Lee JH, Lindeque PK, Omeyer LCM, Snape RTE, Godley BJ (2019) Diet-related selectivity of macroplastic ingestion in green turtles (*Chelonia mydas*) in the eastern Mediterranean. *Sci Rep* 9:11581.

Esteban N, Mortimer JA, Stokes HJ, Laloë JO, Unsworth RKF, Hays GC (2020) A global review of green turtle diet: sea surface temperature as a potential driver of omnivory levels. *Mar Biol* 167:1–17.

Ferreira CEL, Gonçalves JEA, Coutinho R, & Peret AC (1998). Herbivory by the Dusky Damselfish *Stegastes fuscus* (Cuvier, 1830) in a tropical rocky shore: effects on the benthic community. *J Exp Mar Biol Ecol* 229:241–264.

Figgenger C, Bernardo J, Plotkin PT (2019) Beyond trophic morphology: stable isotopes reveal ubiquitous versatility in marine turtle trophic ecology. *Biological Reviews* 94:1947–1973.

Forbes GA, Limpus CJ (1993) A non-lethal method for retrieving stomach contents from sea turtles.

Fuentes MMPB, Lawler IR, Gyuris E (2006) Dietary preferences of juvenile green turtles (*Chelonia mydas*) on a tropical reef flat. *Wildlife Research* 33:671.

Gama LLR, Domit C, Broadhurst MKM, Fuentes MMPBM, Millar RRB (2016) Green turtle *Chelonia mydas* foraging ecology at 25°S in the western Atlantic: evidence to support a feeding model driven by intrinsic and extrinsic variability. *Mar Ecol Prog Ser* 542:209–219.

Giglio VJ, Bender MG, Zapelini C, Ferreira CEL (2017) The end of the line? Rapid depletion of a large-sized grouper through spearfishing in a subtropical marginal reef. *Perspect Ecol Conserv* 15:115–118.

Gillis AJ, Wildermann NE, Ceriani SA, Seminoff JA, Fuentes MMPB (2020) Evaluating different spatial scales of forage item availability to determine diet selection of juvenile green turtles (*Chelonia mydas*). *Mar Biol* 167.

González Carman V, Botto F, Gaitán E, Albareda D, Campagna C, Mianzan H (2014) A jellyfish diet for the herbivorous green turtle *Chelonia mydas* in the temperate SW Atlantic. *Mar Biol* 161:339–349.

Guimaraens MA, Coutinho R (2000) Temporal and spatial variation of *Ulva* spp. and water properties in the Cabo Frio upwelling region of Brazil. *Aquat Bot* 66:101–114.

Guimaraens MA, Gonçalves JEA, Lourenço SO, Coutinho R (2008) Sensitivity analyses of population biomass dynamics for *Ulva* spp. and *Sargassum furcatum* at the Cabo Frio upwelling region of Brazil. *J Biol Syst* 16:579–596.

Guimaraens MA, Paiva A de M, Coutinho R (2005) Modeling *Ulva* spp. dynamics in a tropical upwelling region. *Ecol Modell* 188:448–460.

Heithaus MR (2013) Predators, Prey, and the Ecological Roles of Sea Turtles. In: *The Biology of Sea Turtles*. Wyneken J, Lohmann KJ, Musick, JA (eds) CRC Press, p 205–284.

Holland DL, Davenport J, East J (1990) The fatty acid composition of the leatherback turtle *Dermochelys coriacea* and its jellyfish prey. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 70:761–770.

ICMBio, MMA (2018) Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção: Volume IV Répteis.

IUCN (2023) The IUCN Red List of Threatened Species. <https://www.iucnredlist.org>

Jackson A, Parnell A (2022) SIBER: Stable Isotope Bayesian Ellipses in R. R package version 2.1.8, <<https://CRAN.R-project.org/package=SIBER>>.

Jiménez A, Pingo S, Alfaro-Shigueto J, Mangel JC, Hooker Y (2017) Feeding ecology of the green turtle *Chelonia mydas* in northern Peru. *Lat Am J Aquat Res* 45:585–596.

Jones TT, Seminoff JA (2013) Feeding biology - Advances from field-based observations, physiological studies, and molecular techniques. In: *The Biology of Sea Turtles*. Wyneken J, Lohmann KJ, Musick JA (eds) CRC Press, p 211–247.

Karaa S, Bradai MN, Jribi I, Bouain A (2012) The occurrence of the green sea turtle *Chelonia mydas*, in the Gulf of Gabes (Tunisia). *Vie Milieu* 62:1-6

Keeley JE, Sandquist DR (1992) Carbon: freshwater plants. *Plant Cell Environ* 15:1021–1035.

Koutsos EA, Minter LJ, Ange-Van Heugten KD, Mejia-Fava JC, Harms CA (2021) Blood fatty acid profiles of neritic juvenile wild green turtles (*Chelonia mydas*) and kemp's ridleys (*Lepidochelys kempii*). *Journal of Zoo and Wildlife Medicine* 52:610–617.

Leitão M, Hackradt CW, Silva ÍL, Ciancio JE, Félix-Hackradt FC (2023). Effect of human impact on coral reef herbivorous fish niche. *Mar Bio* 170(5): 59.

Lenz A, Avens L, Borges-Martins M (2017) Age and growth of juvenile green turtles *Chelonia mydas* in the western South Atlantic Ocean. *Mar Ecol Prog Ser* 568:191–201.

Lopes-Souza A, Schiavetti A, Álvarez MR (2017) Analysis of marine turtle strandings (Reptilia: Testudine) occurring on coast of Bahia State, Brazil. *Lat Am J Aquat Res* 43:675–683.

López-Mendilaharsu M, Gardner SC, Seminoff JA, Riosmena-Rodriguez R (2005) Identifying critical foraging habitats of the green turtle (*Chelonia mydas*) along the Pacific coast of the Baja California peninsula. *Mexico Aquat Conserv Mar Freshw Ecosyst* 15(3):259–269.

López-Mendilaharsu M, Gardner SC, Riosmena-Rodriguez R, Seminoff JA (2008) Diet selection by immature green turtles (*Chelonia mydas*) at Bahía Magdalena foraging ground in the Pacific Coast of the Baja California Peninsula, México. *J Mar Biol Assoc UK* 88:641–647.

Lutcavage ME, Plotkin P, Witherington B, Peter L (1997) Human impacts on sea turtle survival. In: *The Biology of Sea Turtles*. Lutz PL, Musick JA (eds) CRC Press, p 387–409

Lyrio QN (2020) Estrutura da comunidade da matriz de algas epilíticas em costões rochosos de Arraial do Cabo. Universidade Federal Do Rio De Janeiro

Madeira FM, Rebelo R, Catry P, Neiva J, Barbosa C, Regalla A, Patrício AR (2022) Fine-scale foraging segregation in a green turtle (*Chelonia mydas*) feeding ground in the Bijagós archipelago, Guinea Bissau. *Front Mar Sci* 9.

Marcovaldi MÂ., dei Marcovaldi GG (1999). Marine turtles of Brazil: The history and structure of Projeto TAMAR-IBAMA. *Bio Con* 91(1):35–41.

Martínez-Estévez L, Steller DL, Zilliacus KM, Cuevas Amador JP, Amador FC, Szuta D, Miller SD, Dayton GH, Tershy BR, Croll DA (2022) Foraging ecology of critically endangered Eastern Pacific hawksbill sea turtles (*Eretmochelys imbricata*) in the Gulf of California, Mexico. *Mar Environ Res* 174:105532.

Martins RF, Andrades R, Nagaoka SM, Martins AS, Longo LL, Ferreira JS, Bastos KV, Joyeux JC, Santos RG (2020) Niche partitioning between sea turtles in waters of a protected tropical island. *Reg Stud Mar Sci* 39:101439.

Mazaris AD, Schofield G, Gkazinou C, Almpanidou V, Hays GC (2017) Global sea turtle conservation successes. *Sci Adv* 3:e1600730.

McDermid KJ, Kittle RP, Veillet A, Plouviez S, Muehlstein L, Balazs GH (2020) Identification of gastrointestinal microbiota in Hawaiian green turtles (*Chelonia mydas*). *Evolutionary Bioinformatics* 16:117693432091460.

Medeiros L, Chaloupka M, Bolten AB, von Muhlen EM, Santos A, Marcondes ACJ, Thomé JCA, Marcovaldi MÂ, Bjorndal KA (2022) Tracking green turtle nesting trends at a remote oceanic rookery. *Mar Biol* 169:68.

Mello-Fonseca J, Cordeiro C, Ferreira C (2021) Spatial distribution of sea turtles on South Atlantic subtropical reefs. *Mar Ecol Prog Ser* 678:125–138.

Mendes TC, Villaça RC, Ferreira CEL (2009) Diet and trophic plasticity of an herbivorous blenny *Scartella cristata* of subtropical rocky shores. *J Fis Biol*, 75:1816–1830.

Ministério do Meio Ambiente (2022) Portaria MMA nº 148, de 07 de junho de 2022. <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-mma-n-148-de-7-de-junho-de-2022-406272733> (accessed 24 January 2023)

Monteiro DS, Estima SC, Gandra TBR, Silva AP, Bugoni L, Swimmer Y, Seminoff JA, Secchi ER (2016) Long-term spatial and temporal patterns of sea turtle strandings in southern Brazil. *Mar Biol* 163:247.

Morais RA, dos Santos RG, Longo GO, Yoshida ETE, Stahelin GD, Horta PA (2014) Direct evidence for gradual ontogenetic dietary shift in the green turtle, *Chelonia mydas*. *Chelonian Conservation and Biology* 13:260–266.

Musick JA, Limpus CJ (1997) Habitat utilization and migration in juvenile sea turtles. In: *The Biology of Sea Turtles*. Lutz PL, Musick JA (eds) CRC Press, p 137–163

Oksanen J, Simpson GL, Blanchet FG, Kindt R, Legendre P, Minchin PR, O'Hara RB, Solymos P, Stevens MHH, Szoecs E, Wagner H, Barbour M, Bedward M, Bolker B, Borcard D, Carvalho G, Chirico M, de Caceres M, Durand S, Evangelista HBA, FitzJohn R, Friendly M, Furneaux B, Hannigan G, Hill MO, Lahti L, McGlenn D, Ouellette M-H, Ribeiro Cunha E, Smith T, Stier A, ter Braak CJF, Weedon J (2022) *Vegan: Community Ecology Package*.

Palmer JL, Beton D, Çiçek BA, Davey S, Duncan EM, Fuller WJ, Godley BJ, Haywood JC, Hüseyinoğlu MF, Omeyer LCM, Schneider MJ, Snape RTE, Broderick AC (2021) Dietary analysis of two sympatric marine turtle species in the eastern Mediterranean. *Mar Biol* 168:94.

Paula JC, Coração ACS, Lopes-Filho EAP, Silva RP, Santos LN, Carvalho WF (2020) Diversity and turnover in a rocky shore intertidal community of an upwelling region (Arraial do Cabo, Brazil). *An Acad Bras Cienc* 92:1–21.

Piovano S, Lemons GE, Ciriyaawa A, Batibasaga A, Seminoff JA (2020) Diet and recruitment of green turtles in Fiji, South Pacific, inferred from in-water capture and stable isotope analysis. *Mar Ecol Prog Ser* 640:201–213.

Post DM, Layman CA, Arrington DA, Takimoto G, Quattrochi J, Montaña CG (2007) Getting to the fat of the matter: models, methods and assumptions for dealing with lipids in stable isotope analyses. *Oecologia* 152:179–189.

Price JT, Paladino F V., Lamont MM, Witherington BE, Bates ST, Soule T (2017) Characterization of the juvenile green turtle (*Chelonia mydas*) microbiome throughout an ontogenetic shift from pelagic to neritic habitats. PLoS One 12:e0177642.

Prior B, Booth DT, Limpus CJ (2016) Investigating diet and diet switching in green turtles (*Chelonia mydas*). Aust J Zool 63:365-375.

Putman RJ (1984) Facts from faeces. Mamm Rev 14:79–97.

Quiñones J, Carman VG, Zeballos J, Purca S, Mianzan H (2010) Effects of El Niño-driven environmental variability on black turtle migration to Peruvian foraging grounds. Hydrobiologia 645:69-79.

Quiñones J, Paredes-Coral E, Seminoff JA (2022) Foraging ecology of green turtles (*Chelonia mydas*) in Peru: relationships with ontogeny and environmental variability. Mar Biol 169:139.

R Core Team (2020) R: A Language and Environment for Statistical Computing.

Reich KJ, Bjorndal KA, Bolten AB (2007) The ‘lost years’ of green turtles: using stable isotopes to study cryptic lifestages. Biol Lett 3:712–714.

Reich KJ, Bjorndal KA, Martínez del Rio C (2008) Effects of growth and tissue type on the kinetics of <sup>13</sup>C and <sup>15</sup>N incorporation in a rapidly growing ectotherm. Oecologia 155:651–663.

Reis EC, Silveira VV-B, Siciliano S (2009) Records of stranded sea turtles on the coast of Rio de Janeiro State, Brazil. Mar Biodivers Rec 2:1–4.

Reisser J, Proietti M, Sazima I, Kinas P, Horta P, Secchi E (2013) Feeding ecology of the green turtle (*Chelonia mydas*) at rocky reefs in western South Atlantic. Mar Biol 160:3169–3179.

Rizzi M, Rodrigues FL, Medeiros L, Ortega I, Rodrigues L, Monteiro DS, Kessler F, Proietti MC (2019) Ingestion of plastic marine litter by sea turtles in southern Brazil: abundance, characteristics and potential selectivity. Mar Pollut Bull 140:536–548.

Russell DJ, Balazs GH (2009) Dietary shifts by green turtles (*Chelonia mydas*) in the Kane’ohe Bay region of the Hawaiian Islands: a 28-year study. Pac. Sci. 63:181–192.

Sala B, Balasch A, Eljarrat E, Cardona L (2021) First study on the presence of plastic additives in loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*) from the Mediterranean Sea. Environmental Pollution 283:117108.

Saley AM, Smart AC, Bezerra MF, Burnham TLU, Capece LR, Lima LFO, Carsh AC, Williams SL, Morgan SG (2019) Microplastic accumulation and biomagnification

in a coastal marine reserve situated in a sparsely populated area. *Mar Pollut Bull* 146:54–59.

Sampson L, Giraldo A, Payán LF, Amorocho DF, Ramos MA, Seminoff JA (2018) Trophic ecology of green turtle *Chelonia mydas* juveniles in the Colombian Pacific. *J Mar Biol Assoc UK* 98(7):1817–1829.

Santos ALB, Araújo FV, Skinner LF (2016) Rede de monitoramento participativo da qualidade das águas e solo no município de Arraial do Cabo: inserção social do ensino de ciências e biologia. 5º Simpósio de Gestão Ambiental e Biodiversidade:422–430.

Santos AS, Almeida AP, Santos AJB, Berenice G, Giffoni B, Baptistotte C, Coelho CA, Lima EHSM, Sales G, Lopez GG, Stahelin G, Becker H, Castilhos JC, Thomé JCA, Wanderlinde J, Marcovaldi MÂAGD, Mendilaharsu MLML, Damasceno MT, Barata PCR, Sforza R (2011) Plano de ação nacional para a conservação das tartarugas marinhas. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, ICMBio, Brasília.

Santos RG, Andrades R, Boldrini MA, Martins AS (2015a) Debris ingestion by juvenile marine turtles: An underestimated problem. *Mar Pollut Bull* 93:37–43.

Santos RG, Martins AS, Batista MB, Horta PA (2015b) Regional and local factors determining green turtle *Chelonia mydas* foraging relationships with the environment. *Mar Ecol Prog Ser* 529:265–277.

Santos RG, Andrades R, Demetrio GR, Kuwai GM, Sobral MF, Vieira J de S, Machovsky-Capuska GE (2020) Exploring plastic-induced satiety in foraging green turtles. *Environmental Pollution* 265:114918.

Savoca D, Arculeo M, Barreca S, Buscemi S, Caracappa S, Gentile A, Persichetti MF, Pace A (2018) Chasing phthalates in tissues of marine turtles from the Mediterranean sea. *Mar Pollut Bull* 127:165–169.

Savoca MS, McInturf AG, Hazen EL (2021) Plastic ingestion by marine fish is widespread and increasing. *Glob Chang Biol* 27:2188–2199.

Schuyler Q, Hardesty BD, Wilcox C, Townsend K (2012) To eat or not to eat? Debris selectivity by marine turtles. *PLoS One* 7:e40884.

Schuyler Q, Hardesty BD, Wilcox C, Townsend K (2014) Global analysis of anthropogenic debris ingestion by sea turtles. *Conservation Biology* 28:129–139.

Seminoff JA, Komoroske LM, Amorocho D, Arauz R, Chacón-Chaverrí D, Paz N, Dutton PH, Donoso M, Heidemeyer M, Hoeffler G, Todd Jones T, Kelez S, Lemons

GE, Rguez-Baron JM, Sampson L, Santos Baca L, Steiner T, Vejar Rubio M, Zárate P, Zavala-Norzagaray A, Popp BN (2021) Large-scale patterns of green turtle trophic ecology in the eastern Pacific Ocean. *Ecosphere* 12.

Silva ML, Castro RO, Sales AS, Araújo FV (2018) Marine debris on beaches of Arraial do Cabo, RJ, Brazil: An important coastal tourist destination. *Mar Pollut Bull* 130:153–158.

Sousa LL, Silva SM, Xavier R (2019) DNA metabarcoding in diet studies: unveiling ecological aspects in aquatic and terrestrial ecosystems. *Environmental DNA* 1:199–214.

Steneck RS, Dethier MN (1994) A functional group approach to the structure of algal-dominated communities. *Oikos* 69:476.

Stokes HJ, Mortimer JA, Hays GC, Unsworth RKF, Laloë J-O, Esteban, N (2019) Green turtle diet is dominated by seagrass in the Western Indian Ocean except amongst gravid females. *Mar Biol* 166:135.

Stringell TB, Clerveaux WV, Godley BJ, Kent FE and others (2016) Taxonomic distinctness in the diet of two sympatric marine turtle species. *Mar Ecol* 37:1036-1049.

Trueman, CN, Moore, A (2007) Use of the stable isotope composition of fish scales for monitoring aquatic ecosystems. In: *Terrestrial Ecology*. Elsevier, p 145–161.

Trueman CN, MacKenzie KM, Palmer MR (2012) Identifying migrations in marine fishes through stable-isotope analysis. *J Fish Biol* 81:826–847.

Valentin JL (1984) Analyse des paramètres hydrobiologiques dans la remontée de Cabo Frio (Brésil). *Mar Biol* 82:259–276.

Valentin JL, Monteiro-Ribas WM (1993) Zooplankton community structure on the east-southeast Brazilian continental shelf (18–23°S latitude). *Cont Shelf Res* 13:407–424.

Vélez-Rubio GM, Cardona L, López-Mendilaharsu M, Martínez Souza G, Carranza A, González-Paredes D, Tomás J (2016) Ontogenetic dietary changes of green turtles (*Chelonia mydas*) in the temperate southwestern Atlantic. *Mar Biol* 163:57.

Vander Zanden HB, Bjorndal KA, Bolten AB (2013) Temporal consistency and individual specialization in resource use by green turtles in successive life stages. *Oecologia* 173:767–777.

Yoneshigue-Valentin Y, Valentin JL (1992) Macroalgae of the Cabo Frio upwelling region, Brazil: ordination of communities. In: *Coastal Plant Communities of Latin America*. ACADEMIC PRESS, INC., p 31–50.