

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

**ROBSON GUIMARÃES DOS SANTOS**

**Variação na dieta da tartaruga verde, *Chelonia mydas*, e o  
impacto da ingestão de lixo ao longo da costa brasileira**

**Vitória, ES**

**2014**

**ROBSON GUIMARÃES DOS SANTOS**

**Variação na dieta da tartaruga verde, *Chelonia mydas*, e o  
impacto da ingestão de lixo ao longo da costa brasileira**

**Orientador: Dr. Agnaldo Silva Martins**

**Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em  
Ciências Biológicas (Biologia Animal) da Universidade  
Federal do Espírito Santo como requisito parcial para a  
obtenção do grau de Doutor em Biologia Animal.**

**Vitória, ES**

**Fevereiro, 2014**

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)  
(Biblioteca Central da Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

---

S237v Santos, Robson Guimarães dos, 1981-  
Variação na dieta da tartaruga verde, *Chelonia mydas*, e o  
impacto da ingestão de lixo ao longo da costa brasileira /  
Robson Guimarães dos Santos. – 2014.  
92 f. : il.

Orientador: Agnaldo Silva Martins.  
Tese (Doutorado em Biologia Animal) – Universidade  
Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Humanas e  
Naturais.

1. Tartaruga marinha. 2. Degradação ambiental. 3. Lixo. 4.  
Tartaruga marinha - Nutrição. 5. Ecologia alimentar. I. Martins,  
Agnaldo Silva. II. Universidade Federal do Espírito Santo.  
Centro de Ciências Humanas e Naturais. III. Título.

CDU: 57

---



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
MESTRADO E DOUTORADO EM BIOLOGIA ANIMAL

### CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "Variação na dieta da tartaruga verde, *Chelonia mydas*, e o impacto da ingestão de lixo ao longo da costa brasileira"

AUTOR: **ROBSON GUIMARÃES DOS SANTOS**  
ORIENTADOR: Prof. Dr. AGNALDO SILVA MARTINS

Aprovada como parte das exigências para obtenção do título de DOUTOR EM BIOLOGIA ANIMAL, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM BIOLOGIA ANIMAL, pela comissão examinadora:

Dr. AGNALDO SILVA MARTINS  
Orientador

Dr. JEAN-CHRISTOPHE JOYEUX  
Membro Interno

Dr. SÉRGIO LUCENA MENDES  
Membro Interno

Dra. CECÍLIA BAPTISTOTTE  
Membro Externo

Dr. PAULO DIA FERREIRA JÚNIOR  
Membro Externo

DATA DA REALIZAÇÃO: Vitória, 27 de fevereiro de 2014.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Prof. Dr. Agnaldo Silva Martins, pela oportunidade de desenvolver este trabalho sob sua orientação e pelo aprendizado proporcionado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela bolsa de estudo concedida.

Ao projeto TAMAR/ICMBio pelo suporte logístico.

Ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal (PPGBAN) pela oportunidade de desenvolver este estudo.

Aos professores do PPGBAN pela convivência e aprendizado durante todos estes anos.

Aos membros da banca de doutorado, por terem aceitado a tarefa de discutir e contribuir para aprimorar este trabalho.

Aos funcionários do PPGBAN e do Departamento de Oceanografia e Ecologia, por estarem sempre dispostos a resolver os problemas com os quais nos deparamos.

A coleta do material utilizado neste trabalho não seria possível sem a ajuda de um grande número de pessoas espalhadas por diversos locais do Brasil. Porém, devo um agradecimento especial a Cecília Baptistotte do Projeto TAMAR/ICMBio que me apoiou desde o começo em todas as minhas atividades de pesquisa e conservação das tartarugas marinhas. Citarei o nome de algumas pessoas que me ajudaram nas atividades de campo deste trabalho, e peço desculpas àquelas que por esquecimento deixei de citar: em Fernando de Noronha, a Armando, Rafael, Felipe, Mari, Roberto, Tamaru, Galego, Viviane, Vitor, Clara, Carol, Jéssica, Edson, Nene, Tita, Neto, todas as pessoas que me deram carona, e especialmente à Shany Nagaoka; em Maceió, a Bruno; em Aracaju, a César, Eduardo, Fábio e Laura; em Abrolhos, a Marcelo Renan, Felipe, Za, Fagner, Bernadete e a Marinha do Brasil; em Ubatuba, a Max, Angélica Sanchez e a todos os estagiários do Projeto TAMAR/ICMBio; em Florianópolis, a Gustavo, Renato e Tadashi. Grande parte das coletas realizada no Espírito Santo e Rio de Janeiro também não seria possível sem a parceria com o CTA – Serviços em meio ambiente, portanto,

deixo aqui um agradecimento a toda a vasta equipe envolvida nas coletas. Porém, devo um agradecimento especial ao Jonathas e ao Marcillo, por todo o tempo e trabalho empenhado nas coletas ao longo dos últimos anos.

Ao Prof. Paulo Horta, por abrir as portas do laboratório de Ficologia – UFSC, pela identificação das espécies de alga, disponibilidade, pelas valiosas discussões, pelo aprendizado e sobretudo pela amizade. Agradeço também a Manoela por toda a ajuda nas coletas e identificação das algas.

À Júlia Reisser, por me ceder toda a base de dado de dieta do seu trabalho conduzido na Ilha do Arvoredo.

Aos alunos que passaram pelo Laboratório de Nectologia, pois a triagem de todo o material coletado não seria possível sem a ajuda deles: Camila, Edgar, Edu, Gabriel, Guilherme, Juliana Andrade, Juliana Ferreira e Tayná. Especialmente a Lorena por toda a sua dedicação e esforço. Além da contribuição direta deles ao trabalho, também devo agradecer-los pela companhia e amizade.

Aos meus amigos do Laboratório de Nectologia, pela ajuda, paciência, companhia, conselhos, revisões, diversão e principalmente amizade: Hudson, Cristiano, Gabi, Jonathas, Marcillo, Amanda, Flávia, Marcelo e Flávio. Devo agradecer especialmente ao Ryan, pela ajuda na triagem das amostras, paciência, disposição, infinitas discussões e tempo dedicado para elaboração dos trabalhos relacionados à ingestão de lixo.

Finalmente, agradeço às pessoas mais importantes da minha vida. À minha esposa, Louisa, por todo seu apoio, companheirismo, amor, paciência e até mesmo a ajuda na triagem de material no laboratório e revisão de toda a tese. À minha família, Robson, Yara e Fernando pelo apoio incondicional, compreensão e carinho. Faltam-me palavras para agradecer a vocês.

## SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO .....	12
--------------------	----

**Capítulo 1 – A plasticidade alimentar da tartaruga verde, *Chelonia mydas*: fatores que determinam as mudanças na ecologia alimentar e suas implicações para a conservação.**

1.1 INTRODUÇÃO .....	16
----------------------	----

1.2 MATERIAIS E MÉTODOS .....	18
-------------------------------	----

Área de estudo e análises da dieta .....	18
--	----

Análises estatísticas .....	20
-----------------------------	----

1.3 RESULTADOS .....	20
----------------------	----

1.4 DISCUSSÃO .....	26
---------------------	----

Ingestão de matéria animal e estratégia de forrageamento .....	26
--	----

Preferência alimentar e riqueza da dieta .....	28
--	----

Implicações para a conservação.....	29
-------------------------------------	----

1.5 REFERÊNCIAS .....	31
-----------------------	----

1.6 APÊNDICE .....	36
--------------------	----

**Capítulo 2 – O potencial de letalidade da ingestão de lixo por tartarugas verdes, *Chelonia mydas*, e a origem do lixo ingerido.**

<b>2.1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>38</b>
<b>2.2 MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>39</b>
<b>2.3 RESULTADOS .....</b>	<b>41</b>
<b>2.4 DISCUSSÃO .....</b>	<b>45</b>
<b>Ingestão de lixo e mortalidade .....</b>	<b>46</b>
<b>Fonte e uso original do lixo.....</b>	<b>47</b>
<b>Considerações finais.....</b>	<b>48</b>
<b>2.5 REFERÊNCIAS .....</b>	<b>49</b>
<b>2.6 APÊNDICES .....</b>	<b>52</b>

**Capítulo 3 – Por que os animais marinhos ingerem lixo? Uma avaliação dos fatores envolvidos na ingestão de lixo.**

<b>3.1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>57</b>
<b>3.2 MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>59</b>
<b>Disponibilidade do lixo e sua ingestão.....</b>	<b>60</b>
<b>Estratégia de forrageamento, amplitude da dieta e ingestão de lixo.....</b>	<b>61</b>
<b>Cores dos fragmentos plásticos e sua ingestão .....</b>	<b>63</b>
<b>3.3 RESULTADOS .....</b>	<b>64</b>
<b>Disponibilidade do lixo e sua ingestão.....</b>	<b>65</b>
<b>Estratégia de forrageamento, amplitude da dieta e ingestão de lixo.....</b>	<b>66</b>

Cores dos fragmentos plásticos e sua ingestão .....	68
<b>3.4 DISCUSSÃO .....</b>	<b>69</b>
Chance de encontro: disponibilidade de lixo e estratégia de forrageamento	70
Detecção: Lei de Thayer .....	71
A decisão da ingestão: dieta generalista e especialista.....	73
<b>3.5 REFERÊNCIAS .....</b>	<b>76</b>
<b>3.6 APÊNDICE .....</b>	<b>83</b>
<b>4 CONCLUSÃO.....</b>	<b>92</b>

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.1</b> – Localidade, habitat e metodologia de coleta das amostras de dieta da tartaruga verde, <i>Chelonia mydas</i> . .....	<b>19</b>
<b>Tabela 1.2</b> – Peso relativo da matéria animal encontrada na dieta das tartarugas verdes, <i>Chelonia mydas</i> . .....	<b>22</b>
<b>Tabela 1.3</b> - Peso relativo dos principais gêneros de macrófitas encontrados na dieta das tartarugas verdes, <i>Chelonia mydas</i> . .....	<b>24</b>
<b>Tabela 2.1</b> - Localidades e habitats de coleta dos indivíduos de tartaruga verde, <i>Chelonia mydas</i> . .....	<b>40</b>
<b>Tabela 3.1</b> - Variáveis envolvidas na ingestão de lixo, grupos utilizados para testar as variáveis e fonte dos dados utilizados nas análises. ....	<b>60</b>
<b>Tabela 3.2</b> - Número de espécies com ingestão de lixo documentada. ....	<b>65</b>

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.1** – Localidades de coleta das amostras da dieta de tartarugas verdes, *Chelonia mydas*, distribuídas ao longo da costa atlântica da América do sul.....**21**
- Figura 1.2** – Média do peso relativo e erro padrão dos itens alimentares bentônicos e flutuantes ingeridos por tartarugas verdes, *Chelonia mydas*, nas áreas recifais (1, 2, 4 e 6-8) e estuarinas (3, 5, e 9). ..... **22**
- Figura 1.3** - Média do peso relativo e erro padrão dos principais grupos vegetais ingeridos por tartarugas verdes, *Chelonia mydas*, nas áreas recifais e estuarinas..... **23**
- Figura 1.4** - Preferência alimentar das tartarugas verdes, *Chelonia mydas*, de três áreas recifais (recife 1, Fernando de Noronha – PE; recife 4, Abrolhos – BA; recife urbanizado 7, Vitória – ES) distribuídos ao longo da costa do Brasil..... **25**
- Figura 1.5** - Esquema mostrando um resumo das variações na ecologia alimentar da tartaruga verde, *Chelonia mydas*, os principais fatores envolvidos na variação e as implicações para a conservação..... **30**
- Figura 2.1** – Localidades de coleta para a avaliação da ingestão de lixo por tartarugas verdes, *Chelonia mydas*, mostrando a frequência de ingestão, mortalidade observada e mortalidade potencial. ....**42**
- Figura 2.2**– Relação peso-comprimento de indivíduos de tartaruga verde, *Chelonia mydas*, com condição corporal normal que morreram em decorrência de atividade pesqueira (▲) e indivíduos que morreram em decorrência da ingestão de lixo (◆). .... **43**
- Figura 2.3** - Escalonamento multidimensional (MDS) ilustrando a similaridade entre a composição do lixo ingerido por tartarugas que morreram em decorrência da ingestão de lixo (▼) e aquelas que tiveram outras causas de morte (●). ..... **43**
- Figura 2.4** – Peso relativo médio e erro padrão, dividido por material, do lixo ingerido pelas tartarugas verdes, *Chelonia mydas*. ..... **44**
- Figura 2.5** – Figura esquemática das fontes e uso original do lixo ingerido pelas tartarugas verdes, *Chelonia mydas*. ..... **45**

<b>Figura 3.1</b> – Peso médio e erro padrão do lixo ingerido por tartarugas verdes, <i>Chelonia mydas</i> , de dois recifes com diferente disponibilidade de lixo no ambiente. ....	<b>66</b>
<b>Figura 3.2</b> – Peso médio e erro padrão da frequência de ingestão de lixo de espécies de aves marinhas com diferentes estratégias de forrageamento. ....	<b>67</b>
<b>Figura 3.3</b> – Peso médio e erro padrão da frequência de ingestão de lixo de espécies de aves marinhas e peixes com diferente amplitude de dieta. ....	<b>67</b>
<b>Figura 3.4</b> – Avaliação da seletividade da tartaruga verde, <i>Chelonia mydas</i> , de duas áreas recifais e uma estuarina por diferentes cores de plástico flexível. ....	<b>68</b>
<b>Figura 3.5</b> – Esquema apresentando as três principais variáveis envolvidas na ingestão de lixo por animais marinhos e como a interação entre elas influencia o risco de ingestão. ....	<b>75</b>

## RESUMO

Neste trabalho nós estudamos a dieta da tartaruga verde, *Chelonia mydas*, e os fatores envolvidos na variação de sua ecologia alimentar. Avaliamos também o impacto da ingestão de lixo, e os fatores que podem explicar a elevada ingestão destes resíduos entre os animais marinhos. No estudo da ecologia alimentar, nós avaliamos mais de 400 indivíduos, entre dados originais e da literatura, distribuídos ao longo de um gradiente latitudinal e diversos ambientes. As tartarugas se alimentaram majoritariamente de macroalgas, porém apresentaram uma grande plasticidade alimentar, tanto em relação à estratégia de forrageamento quanto à dieta. Nas regiões mais frias e com menor disponibilidade de algas, as tartarugas mudaram de uma dieta herbívora, para uma dieta baseada em matéria animal. Esta mudança de dieta acarretou também em uma mudança de estratégia de forrageamento, saindo da alimentação bentônica para uma alimentação pelágica. Estratégia esta que também foi encontrada nas áreas estuarinas. A plasticidade alimentar se deve à interação de fatores intrínsecos (restrições fisiológicas) e extrínsecos (regionais e locais). As diferenças nas estratégias de forragenamento acarretam também em diferenças na exposição a ameaças. Um exemplo disso é a ingestão de lixo, que apesar de ter sido registrada em mais de 70% das tartarugas (N = 265), representou uma ameaça maior aos animais com estratégia de forrageamento pelágica. O plástico foi o material mais ingerido, tendo como principal fonte itens relacionados à alimentação e sacolas plásticas. O estudo também mostrou que uma quantidade pequena de lixo (0,5 g) é suficiente para causar a morte. Este resultado revelou que o potencial de letalidade por ingestão de lixo é muito maior que a mortalidade observada. A verdadeira ameaça da ingestão de lixo está sendo mascarada pela elevada mortalidade relacionada às atividades pesqueiras. A ingestão de lixo é normalmente atribuída à confusão de um item alimentar específico com o resíduo, como águas-vivas e sacolas plásticas. Porém, nós mostramos que se trata de uma questão mais ampla, e usamos a tartaruga verde, aves marinhas e peixes para ressaltar a importância de outros fatores como: abundância do lixo no ambiente, estratégia de forrageamento, capacidade de detecção do resíduo e amplitude da dieta. Nós acreditamos que a ingestão de lixo ocorre devido a uma armadilha evolutiva muito mais ampla do que a previamente sugerida, e que deve afetar muito mais espécies que as que foram até hoje reportadas. Desarmar esta armadilha será particularmente difícil devido ao contínuo e crescente despejo de plástico no ambiente marinho e sua alta persistência no ambiente.

**Palavras-chave:** Tartaruga verde; *Chelonia mydas*; ecologia alimentar; ingestão de lixo; conservação.

## ABSTRACT

We studied the diet of green turtle, *Chelonia mydas*, and the factors involved in diet variation. We also evaluated the impact of debris ingestion and the factors that may explain debris ingestion by many marine animals. In the diet study, we evaluated more than 400 turtles, including original data and data from the literature, distributed in a latitudinal gradient and different environments. Turtles fed mainly on algae, however, they showed a high foraging plasticity, regarding both foraging strategy and diet items. In cold waters with low algae availability, turtles shifted from an herbivore diet to a more carnivore one. This diet shift also resulted in a change in the foraging strategy, in which, turtles shifted from a benthic foraging to a pelagic foraging. This foraging strategy shift was also found in turtles from the estuarine areas. The green turtle foraging plasticity was due to intrinsic (physiological restraints) and extrinsic (regional and local) factors. Differences in foraging strategy also mean differences in exposure to threats, such as debris ingestion, which was higher in animals that exhibit a pelagic foraging strategy, despite being a widespread phenomenon (70.6%; N = 265). Plastic was the most ingested material, and it comes mainly from food related items and plastic bags. Our study also showed that a very small amount of debris (0.5 g) is sufficient to kill a turtle. This result indicated that the mortality potential of debris ingestion is much higher than the observed mortality. The real threat imposed by debris ingestion is masked by the high mortality caused by fishery, because the former derived from a chronic process. A common hypothesis to explain debris ingestion is that debris resembles a typical prey item (e.g. jellyfish and plastic bags). However, we showed that the debris ingestion involves broader reasons, and we used green turtles, seabirds and fishes to show the importance of other factors, such as: debris availability, foraging strategy, debris detectability and diet amplitude. We believe that the ingestion of debris occurs due to a broad evolutionary trap, and may affect much more species than it has been reported. Disarming this trap will be particularly difficult due to continuous and intense release of plastics in the ocean and their high persistence in the environment.

**Key words:** Green turtle; *Chelonia mydas*; foraging ecology; debris ingestion; conservation.

## APRESENTAÇÃO

A tartaruga verde, *Chelonia mydas*, é uma das poucas espécies de mega-herbívoros costeiros. Estes animais possuem a capacidade de modificar de maneira significativa a estrutura das comunidades de macrófitas costeiras, influenciando assim todo o ecossistema. Porém, o papel destes animais no ambiente ainda permanece pouco entendido, principalmente pela grande redução de suas populações, o que dificulta a compreensão de seu real papel. A principal ameaça à conservação das tartarugas verdes está relacionada à coleta intencional de ovos e adultos em áreas de desova e a captura intencional ou incidental de juvenis e adultos nas áreas de alimentação. A degradação ambiental, através da perda e modificação dos habitats, também possui um papel importante no declínio das populações desta espécie.

Apesar do considerável número de trabalhos publicados sobre a dieta da tartaruga verde, sua ecologia alimentar ainda não é bem entendida, principalmente devido às grandes variações de dieta relatadas na literatura. Entender os fatores que moldam a ecologia alimentar de uma espécie é imperativo para a sua conservação, pois a aquisição de alimento está diretamente relacionada às taxas de sobrevivência, crescimento e reprodução. Um cenário similar se apresenta para os estudos de ingestão de lixo. Apesar da ingestão de lixo ser reconhecidamente uma grande ameaça para a conservação da espécie, a maior parte dos trabalhos publicados apenas relata a ingestão, deixando abertas importantes lacunas, como a mortalidade causada pela ingestão de lixo e a origem do material ingerido. Quando se trata dos fatores envolvidos na ingestão de lixo, temos um conhecimento ainda menor, e a principal hipótese proposta na literatura não é capaz de explicar a quantidade e diversidade de lixo ingerida por várias espécies.

Portanto, o objetivo principal desta tese é estudar a ecologia alimentar da tartaruga verde ao longo de um gradiente latitudinal e avaliar o impacto da ingestão de lixo. A fim de entender o que motiva a ingestão de lixo, aspectos da ecologia alimentar e diferenças na ingestão de lixo foram relacionados, gerando um maior entendimento dos fatores envolvidos na ingestão de lixo, não só para a tartaruga verde, mas também para a fauna marinha como um todo. Para responder estas questões a tese foi dividida em três capítulos:

Capítulo 1 – A plasticidade alimentar da tartaruga verde, *Chelonia mydas*: fatores que determinam as mudanças na ecologia alimentar e suas implicações para a conservação.

Este capítulo mostra como fatores intrínsecos e extrínsecos influenciam a ecologia alimentar da tartaruga verde, além de fornecer dados sobre a ecologia alimentar de um grande número de animais provenientes de diversos habitats distribuídos ao longo de um gradiente latitudinal. Os resultados mostraram que a tartaruga verde é herbívora na maior parte de sua distribuição, porém ela possui uma grande plasticidade alimentar, que pode ser explicada pela interação de dois fatores: a restrições fisiológicas relacionadas à temperatura da água, e a influência de fatores regionais e locais na disponibilidade de itens alimentares. As diferenças na ecologia alimentar também levam a diferenças na exposição a ameaças. A principal implicação da variação na ecologia alimentar está relacionada ao risco de ingestão de lixo.

Capítulo 2 – O potencial de letalidade da ingestão de lixo por tartarugas verdes, *Chelonia mydas*, e a origem do lixo ingerido.

Este capítulo explora o problema da ingestão de lixo pela tartaruga verde, mostrando que esta reconhecida ameaça à conservação da espécie é provavelmente maior que o que se acredita atualmente. Os resultados indicam que o lixo no ambiente marinho tem um amplo impacto sobre as tartarugas verdes. Este capítulo mostra também que uma pequena quantidade de lixo é suficiente para causar a morte de uma tartaruga, e que a letalidade da ingestão de lixo tem sido mascarada pela elevada mortalidade relacionada às atividades pesqueira. Uma análise dos resíduos antropogênicos ingeridos pelas tartarugas mostrou que o uso indiscriminado do plástico em itens descartáveis ou de vida curta, principalmente sacolas plásticas e itens relacionados à alimentação, é a principal fonte deste problema.

Capítulo 3 – Por que os animais marinhos ingerem lixo? Uma avaliação dos fatores envolvidos na ingestão de lixo.

Este capítulo tenta entender os fatores envolvidos na ingestão de lixo pelos animais marinhos, já que a explicação atualmente disponível na literatura não é condizente com a diversidade de táxons que são afetados por este problema e nem com a grande diversidade dos resíduos comumente encontrados nos animais. Neste capítulo também é fornecida uma lista atualizada dos táxons impactados pela ingestão de lixo. Os resultados indicam que a ingestão

de lixo é possivelmente o resultado de uma armadilha evolutiva mais ampla do que previamente sugerida na literatura. O risco de ingestão de lixo está relacionado à disponibilidade dos resíduos no ambiente e a ecologia alimentar das espécies. De maneira que quanto mais próximo da superfície o animal forragear e quanto mais ampla for a sua dieta, maior será o risco de ingestão de lixo.

Cada capítulo foi pensando como sendo um único artigo. Apesar de cada capítulo conter toda a informação suficiente para o seu entendimento, eles estão interligados, de maneira que cada um deles é influenciado pelos conhecimentos produzidos nos outros, e sua ordenação simboliza a linha de pensamento utilizada para chegar a eles. Por se tratar de uma tese em que cada capítulo foi pensado como um de artigo, haverá alguma sobreposição de informação entre eles, principalmente entre o segundo e o terceiro. As Figuras, as Tabelas e os Apêndices foram numerados de maneira que o primeiro dígito representa o capítulo e o segundo a ordem de aparição dentro do capítulo. Ao final da tese adicionamos um capítulo de considerações finais que revisa todas as principais conclusões geradas pelos três trabalhos.

**Capítulo 1 – A plasticidade alimentar da tartaruga verde,  
*Chelonia mydas*: fatores que determinam as mudanças na ecologia  
alimentar e suas implicações para a conservação.**

## 1.1 INTRODUÇÃO

A tartaruga verde, *Chelonia mydas*, é uma espécie de tartaruga marinha com distribuição circunglobal em águas tropicais e subtropicais (Seminoff, 2004). Após nascerem, os filhotes de tartarugas marinhas seguem em direção ao mar e começam uma natação ativa em direção à zona oceânica (Musick & Limpus, 1997). A ecologia alimentar das tartarugas verdes juvenis em seu estágio oceânico é pouco conhecida, mas alguns estudos revelaram que possuem um hábito onívoro com grande participação de itens animais (Witherington *et al.*, 2012). Após recrutarem para a zona nerítica, os juvenis de tartaruga verde mudam seu hábito alimentar, tornando-se herbívoros, hábito este único entre as tartarugas marinhas (Bjorndal, 1997).

Alguns dos primeiros estudos detalhados sobre a ecologia alimentar das tartarugas verdes foram conduzidos por Mortimer (1981) e Bjorndal (1980) na região do Caribe. Estes estudos mostraram que as tartarugas verdes se alimentavam predominantemente de grama marinha, com uma contribuição relativamente pequena de algas e matéria animal. Desde os primeiros estudos sobre a ecologia alimentar das tartarugas marinhas até hoje, nós obtivemos muitas informações de diferentes habitats e regiões geográficas (Bugoni, *et al.*, 2003; Fuentes *et al.*, 2006; Carman *et al.*, 2014; Lopez-Mendilaharsui *et al.*, 2008; Ross, 1985; Russel & Balazs, 2009; Seminoff *et al.*, 2002a). Estes estudos mostraram que a dieta da tartaruga verde varia grandemente entre as diferentes áreas de estudo. Nagaoka e colaboradores (2012) fizeram uma compilação de dados sobre a dieta das tartarugas verdes que se alimentam em áreas estuarinas, mostrando que também existe uma grande variabilidade de dieta, mesmo quando habitats relativamente similares são comparados. Além disso, estudos recentes, usando isótopos estáveis e/ou observações diretas da dieta, têm desafiado a ideia de que as tartarugas verdes são espécies estritamente herbívoras, mostrando que em algumas áreas o consumo de matéria animal pode ser elevado (Amorcho & Reina, 2007; Carman *et al.* 2014; Lemons *et al.*, 2011; Reisser *et al.*, 2013). Em conjunto, todos estes estudos mostram que a ecologia alimentar e conseqüentemente o papel ecológico da tartaruga verde nos ecossistemas ainda não são bem entendidos.

Entender o papel ecológico da tartaruga verde é importante por três razões principais (Bjorndal & Jackson, 2003): i) descobrir o que nós perdemos em termos de estrutura e função nos ecossistemas costeiros; ii) entender como a mudança dos ambientes, de maneira natural ou induzida pelo homem, afetará as tartarugas verdes; e, iii) fornecer dados para a elaboração de ações de manejo e conservação, tendo em vista que o principal objetivo do Marine Turtle

Specialist Group of the World Conservation Union é restaurar e manter as populações de tartarugas marinhas de forma que estas sejam capazes de desempenhar seus papéis ecológicos (Marine Turtle Specialist Group (SSC/IUCN), 1995). Apesar de um grande volume de informação disponível, poucos trabalhos tentaram entender quais são os fatores envolvidos nas variações encontradas na ecologia alimentar das tartarugas verdes.

O estudo da ecologia alimentar provê uma das percepções mais importantes sobre como os organismos interagem com seu habitat. A interação de dois aspectos define a ecologia alimentar de uma espécie: fatores intrínsecos, como a fisiologia e as preferências por habitats; e fatores extrínsecos, como a abundância, a distribuição e a qualidade dos recursos (Whelan & Schmidt, 2007). Os fatores extrínsecos, por sua vez, são influenciados por processos locais e regionais (Ricklefs, 1987), portanto, a ecologia alimentar de uma espécie deve variar ao longo de sua distribuição. Entender a ecologia alimentar de uma espécie é imperativo para a sua conservação, pois a aquisição de alimento está diretamente relacionada às taxas de sobrevivência, crescimento e reprodução (Balazs, 1995; Bjorndal, 1985). Não obstante, mudanças na estratégia alimentar devido a processos locais e/ou regionais podem expor os animais da mesma espécie a diferentes ameaças de acordo com as características de seus habitats.

Neste trabalho nós reunimos dados da literatura e dados originais de mais de 400 indivíduos, distribuídos em diversas localidades ao longo de um gradiente latitudinal, com o objetivo de investigar como as tartarugas verdes respondem às mudanças regionais e locais em suas áreas de alimentação. Além disso, nós avaliamos estas mudanças também sob a ótica da conservação, discutindo como as variações na ecologia alimentar tornam algumas populações mais susceptíveis a determinadas ameaças antrópicas. Além disso, fornecemos uma extensa lista dos itens alimentares encontrados na dieta das tartarugas verdes e avaliamos a sua preferência alimentar.

## 1.2 MATERIAL E MÉTODOS

### Área de estudo e análises da dieta

De 2010 a 2013, foram coletadas amostras da dieta de 137 tartarugas verdes de diferentes localidades distribuídas ao longo da costa brasileira (Figura 1.1). Esta coleta se deu através do monitoramento intensivo do litoral executado pelas equipes do TAMAR/ICMBio e CTA – Serviços em meio ambiente. O comprimento curvo de casco (CCC) foi medido utilizando uma fita métrica flexível. Nós coletamos amostras da dieta de indivíduos capturados vivos e animais encontrados encalhados mortos, de modo que a metodologia variou de acordo com a localidade. A Tabela 1.1 mostra de forma detalhada as informações referentes a todas as localidades. Amostras da dieta de animais capturados vivos foram coletadas através de lavagem esofágica (Forbes & Limpus, 1993). Os animais encontrados mortos foram levados ao laboratório onde foram necropsiados e tiveram seu conteúdo esofágico e estomacal coletado. Todas as amostras de dieta foram preservadas em uma solução de formalina a 4%. Os itens alimentares foram identificados até o menor grupo taxonômico possível com o uso de lupas, microscópios e chaves de identificação especializadas. Para cada item alimentar nós determinamos o peso úmido (0,1 g). Amostras de todas as espécies de algas e grama marinha foram depositadas no Herbário da Universidade Federal de Santa Catarina. Em complemento às tartarugas amostradas neste estudo, nós utilizamos dados da dieta de outros 290 indivíduos obtidos de outros estudos já publicados (Tabela 1.1). O peso relativo de cada item alimentar foi determinado da seguinte maneira:

$$\text{Peso (\%)} = \frac{\text{Peso total do item em todas as amostras}}{\text{Peso total de todas as amostras}} \times 100$$

Nós calculamos a preferência alimentar através da comparação entre os itens ingeridos pelas tartarugas com a sua disponibilidade no ambiente. Nesta análise nós utilizamos os dados coletados em duas áreas recifais localizadas em áreas de proteção ambiental (localidades 1 e 4) e utilizamos dados previamente publicados de um recife localizado em uma área altamente urbanizada (localidade 7) (Santos *et al.*, 2011). A avaliação da disponibilidade dos itens alimentares foi realizada nos mesmos período e área em que as tartarugas foram capturadas. A cobertura vegetal foi quantificada através de cobertura relativa e a amostragem da área foi realizada por meio da utilização de quadrats (30 x 30 cm) aleatoriamente distribuídos ao

longo de transects (30 m). Dez transects foram distribuídos de maneira uniforme dentro das áreas de alimentação e em cada transect nós coletamos cinco quadrats. A preferência alimentar foi calculada utilizando o teste de Waller-Duncan para diferenças entre ranks em relação à seleção (Johnson, 1980). Este procedimento provê uma medida da relação entre a disponibilidade do componente no ambiente e a utilização deste pelo animal, que é expresso através de valores de  $T_{bar}$  (diferença média entre os ranks).  $T_{bar} < 1$  indica que o componente foi selecionado,  $T_{bar} = 0$  indica que o componente foi consumido na mesma proporção de sua disponibilidade e  $T_{bar} > 1$  indica que o componente não foi selecionado. Porém, para produzir uma representação gráfica mais intuitiva nos usamos valores de  $-T_{bar}$ . As análises foram conduzidas utilizando o Prefer 5.1: pacote estatístico de comparação de preferências (USGS Northern Prairie Research Center, Jamestown, North Dakota, EUA).

Tabela 1.1 – Localidade, hábitat e metodologia de coleta das amostras de dieta da tartaruga verde, *Chelonia mydas*. Os dados das localidades 2 e 9-13 foram obtidos de estudos previamente publicados que estão referenciados no campo de Referência. N = número de indivíduos; CCC  $\pm$  DP = média do comprimento curvo de casco  $\pm$  desvio padrão; \* = DP não disponível na literatura. Os números das localidades mostrado nesta tabela são os mesmo encontrados na Figura 1.1 e nas Tabelas 1.2 e 1.3.

	Localidade	Hábitat	Método de coleta	N	CCC $\pm$ DP (cm)	Referência
1	Fernando de Noronha - PE	Recife	Lavagem esofágica	19	50,5 $\pm$ 1,5	-
2	João Pessoa - PB	Recife	Encalhe	9	61,9 $\pm$ 23,5	Santos <i>et al.</i> , 2004
3	Litoral de Sergipe	Estuário	Encalhe	17	42,5 $\pm$ 19,6	-
4	Abrolhos - BA	Recife	Lavagem esofágica	24	52,3 $\pm$ 12,4	-
5	Regência - ES	Estuário	Encalhe	19	35,4 $\pm$ 3,5	-
6	Fundão - ES	Recife	Encalhe	24	36,7 $\pm$ 7,2	-
7	Vitória - ES	Recife (urbanizado)	Encalhe	23	40,3 $\pm$ 6,7	-
8	Ubatuba - SP	Recife	Encalhe	11	39,0 $\pm$ 6,2	-
9	Cananéia - SP	Estuário	Lavagem esofágica	53	36,9 $\pm$ 3,8	Nagaoka <i>et al.</i> , 2012
10	Estuário do Paranaguá - PR	Estuário	Encalhe	76	49,7 $\pm$ 7,7	Guebert-Bartholo <i>et al.</i> , 2011
11	Ilha do Arvoredo - SC	Recife	Lavagem esofágica	34	49,9 $\pm$ 10,4	Reisser <i>et al.</i> , 2013
12	Litoral norte do Rio Grande do Sul	Substrato não consolidado	Encalhe	64	40,6*	Nakashima 2008
13	Baía de Samborombón - Argentina	Estuário	Encalhe	54	38,5 $\pm$ 4,4	Carman <i>et al.</i> , 2014

A costa brasileira foi dividida em províncias fitogeográficas de acordo com Horta e colaboradores (2001) (Figura 1.1). A província tropical possui uma flora relativamente rica, e é caracterizada pela abundância de substratos consolidados. A província temperada quente também possui uma flora relativamente rica quando comparada a província tropical, porém esta apresenta um decréscimo na riqueza de norte para sul. Esta província é caracterizada por costões rochosos com uma complexidade de substrato relativamente menor quando comparada ao substrato consolidado da província tropical. As duas províncias são separadas

pela zona de transição, que é considerada uma das regiões com maior diversidade de macroalgas da costa brasileira (Figueiredo *et al.*, 2008).

### **Análises estatísticas**

Nós utilizamos a análise de similaridade (ANOSIM) para avaliar as diferenças na participação de itens flutuantes na dieta das tartarugas coletadas nas áreas recifais (1, 2, 4, 6, 8 e 11) e estuarinas (3 e 5). Uma matriz de similaridade (Bray-Curtis) foi gerada utilizando o peso relativo dos itens flutuantes e bentônicos ingeridos por cada tartaruga. Nós consideramos como itens flutuantes folhas de plantas terrestres, fragmentos de madeira e *Sargassum* spp. com aeroscistos (estruturas de flutuação). Todas as espécies de macrófitas marinhas foram consideradas como itens bentônicos, incluindo *Sargassum* spp. quando aeroscistos não foram encontrados. A ANOSIM também foi utilizada para avaliar as diferenças entre os itens alimentares das tartarugas de diferentes áreas recifais (1, 2, 4, 6, 8 e 11) e estuarinas (3 e 5). Para isso utilizamos uma matriz de similaridade (Bray-Curtis) gerada a partir do peso relativo das Rhodophyta, Chlorophyta, Phaeophyceae e grama marinhas ingeridas por cada tartaruga. Nós usamos o teste de Kruskal-Wallis, seguido do pós-teste de múltiplas comparações de Dunn, para avaliar as diferenças no número de gêneros de macrófitas ingeridos pelas tartarugas da província tropical, da zona de transição e da província temperada quente. O teste de Mann Whitney-U foi usado para comparar o número de gêneros de macrófitas ingeridos pelas tartarugas das duas áreas recifais localizadas na zona de transição, uma situada em uma localidade com pouca urbanização (6) e outra em uma localidade altamente urbanizada (7).

### **1.3 RESULTADOS**

As tartarugas se alimentaram majoritariamente de macroalgas na maioria das localidades, fazendo uso de 79 gêneros de macrófitas marinhas (Apêndice 1.1). O consumo de matéria animal pelas tartarugas de recifes e áreas estuarinas da costa central e norte do Brasil foi muito baixo, e na maioria das vezes se tratava de invertebrados que possivelmente foram ingeridos junto com macrófitas de forma acidental (Figura 1.1 e Tabela 1.2). A contribuição da matéria animal na dieta das tartarugas foi maior, tanto em ocorrência quanto em peso relativo, nos indivíduos coletados nas áreas mais ao sul da distribuição da espécie (Figura 1.1). As tartarugas verdes provenientes de áreas de alimentação localizadas entre as isotermas de 10° C e 20° C ingeriram matéria animal de forma intencional, principalmente ctenóforos e águas-vivas (Tabela 1.2). Esta diferença na dieta também significou uma diferença na

estratégia de forrageamento, porque os animais ingeridos são encontrados na coluna d'água e não próximos ao substrato. Uma mudança similar na estratégia de forrageamento foi observada nas áreas estuarinas da costa norte e central do Brasil, porém não envolveu uma quantidade grande de matéria animal. As tartarugas dos recifes e áreas estuarinas exibiram uma diferença significativa no consumo de material flutuante ( $R = 0,53$ ;  $p < 0,01$ ) (Figura 1.2). Este resultado indica que as tartarugas destes dois ambientes também possuem diferenças em sua estratégia de forrageamento, uma dieta clássica composta de macrófitas bentônicas nos recifes e uma estratégia de forrageamento mais pelágica nas áreas estuarinas.

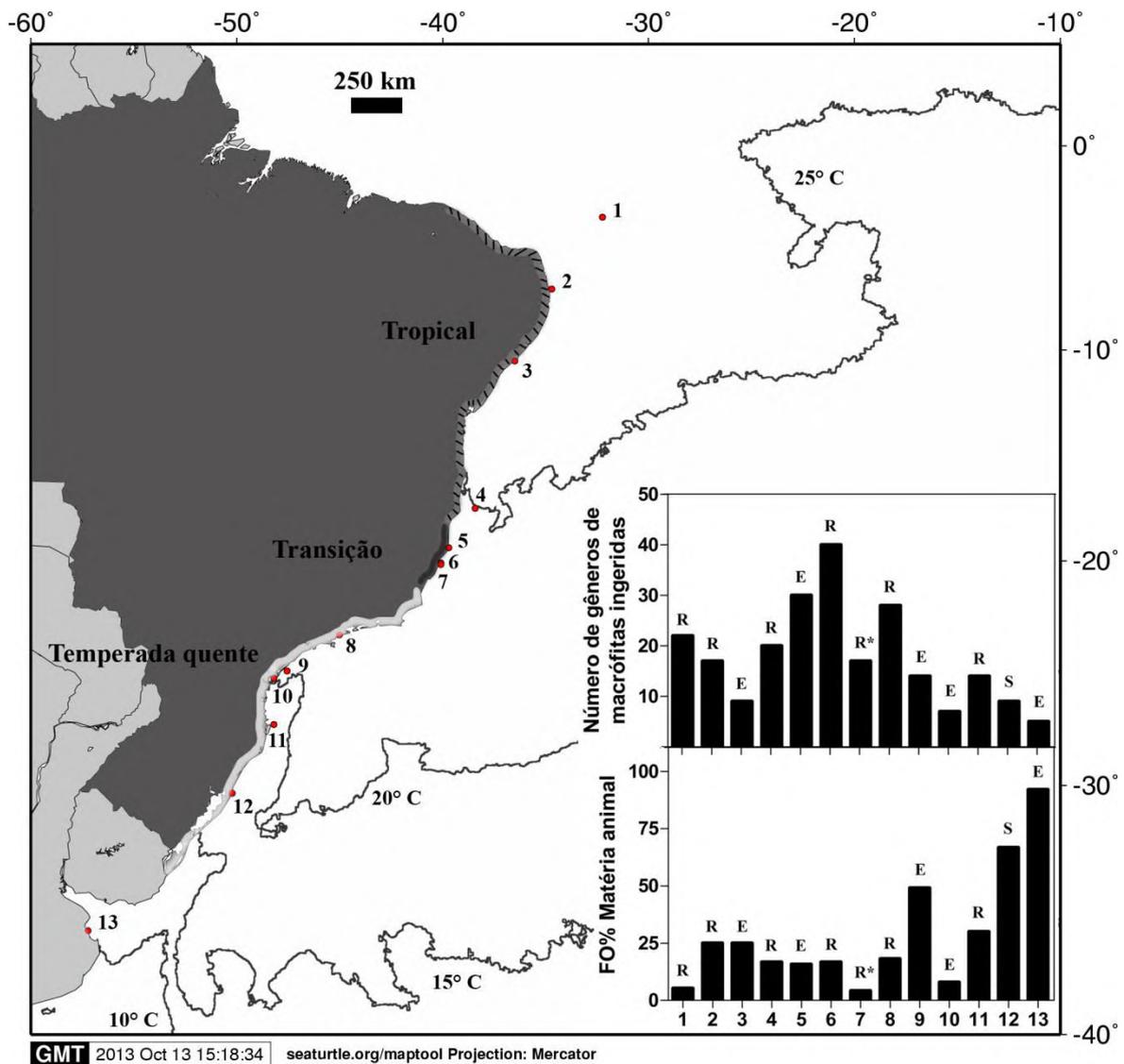


Figura 1.1 – Localidades de coleta de amostras de dieta de tartaruga verde, *Chelonia mydas*, distribuídas ao longo da costa atlântica da América do Sul. As províncias fitogeográficas (tropical, zona de transição e temperada quente) foram determinadas de acordo com Horta *et al.*, (2001). 1-13 = localidades avaliadas; R = recife; E = estuário; R\* = recife altamente urbanizado; S = substrato não consolidado. Ver Tabela 1.1 para informações detalhadas sobre as localidades.

Tabela 1.2 – Peso relativo da matéria animal encontrada na dieta das tartarugas verdes, *Chelonia mydas*. 1-13 = localidades de coleta; R = recife; R\* = recife altamente urbanizado; E = estuário; S = substrato não consolidado; e NI = matéria animal não identificada. Ver Tabela 1.1 para informações detalhadas sobre as localidades.

Isoterma	>25° C			25°-20° C						15°-20° C		10°-15° C	
	R	R	E	R	E	R	R*	R	E	E	R	S	E
Hábitats	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<b>Crustacea</b>	<0,1			0,4	0,1	<0,1		1,4				4,3	0,1
Decapoda				<0,1	0,1	<0,1		1,4				4,3	0,1
Isopoda	<0,1			0,4		<0,1							
Cirripedia													
<b>Molusca</b>									5,8			9	4,2
Bivalve												7,6	1,1
Gastropoda		<0,1	<0,1							5,8		1,0	3,1
Cephalopoda												0,4	
<b>Polychaete</b>		<0,1	<0,1					0,2					0,6
<b>Ctenophora</b>											20		
<b>Porifera</b>													
<b>Bryozoa</b>									0,4				
<b>Cnidaria</b>			<0,1							1,0			50,1
Gelatinosos													47,8
Pólipos			<0,1							1,0			2,4
<b>Insetos</b>								<0,1				2,3	0,2
<b>Osteichthyes</b>			0,1		<0,1			0,1	0,6			1,0	0,1
<b>NI</b>							<0,1				2,4	0,9	
<b>Total</b>	<0,1	<0,1	0,1	0,4	0,1	<0,1	<0,1	1,7	7,8	2,4	20	17,5	55,3

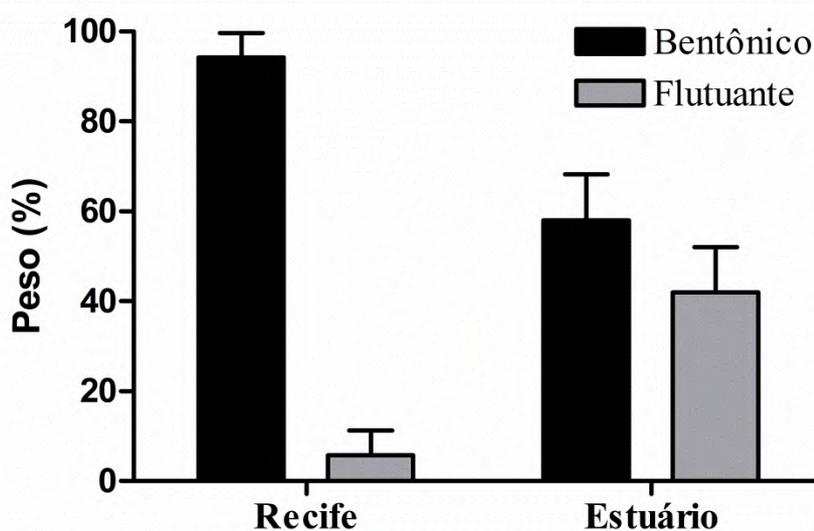


Figura 1.2 – Média do peso relativo e erro padrão dos itens alimentares bentônicos e flutuantes ingeridos por tartarugas verdes, *Chelonia mydas*, nas áreas recifais (1, 2, 4 e 6-8) e estuarinas (3, 5, e 9).

As tartarugas da zona de transição exibiram uma dieta significativamente mais rica em gêneros de macrófitas, do que as tartarugas das províncias tropical ( $p < 0,01$ ) e temperada quente ( $p < 0,01$ ), mas não encontramos diferenças significativas entre estas duas províncias ( $p > 0,05$ ) (Figura 1.1). Quando comparamos os dois recifes localizados na zona de transição, nós encontramos que as tartarugas do recife localizado em uma região altamente urbanizada (localidade 7) possuem uma dieta significativamente mais pobre ( $p < 0,01$ ). A dieta das tartarugas desta localidade foi dominada por um único gênero de Chlorophyta, *Ulva* (Tabela 1.3).

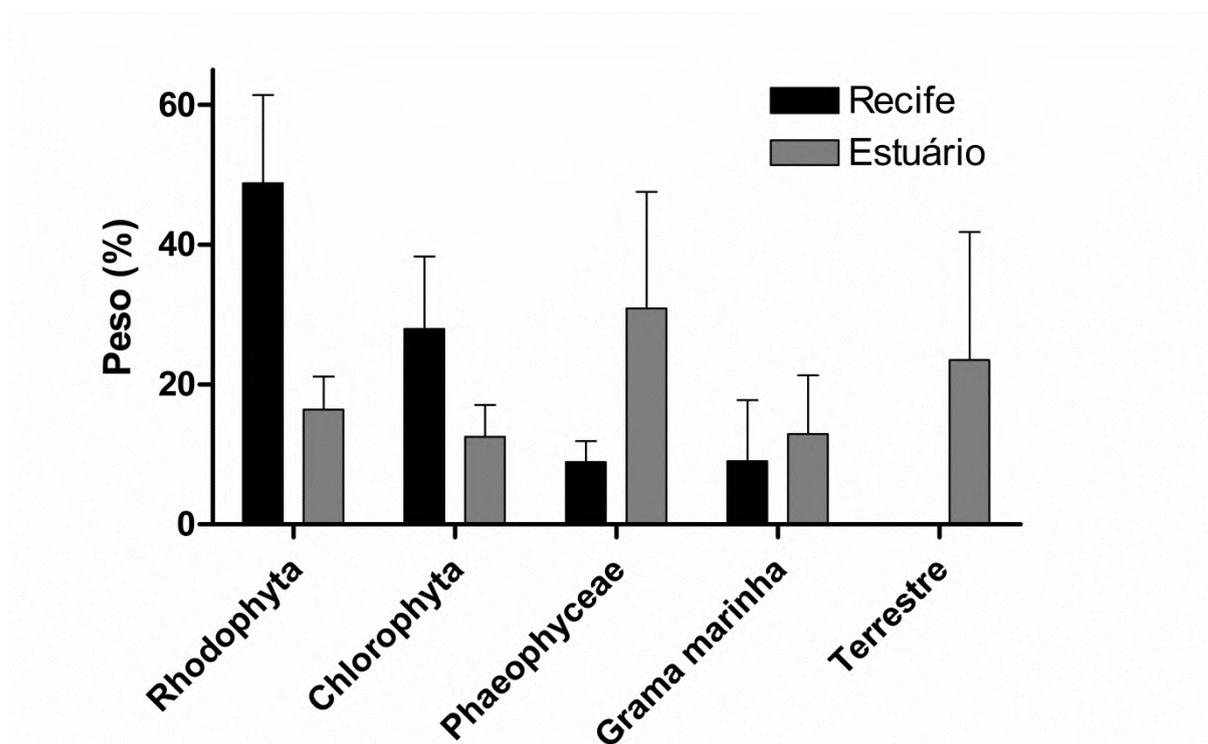


Figura 1.3 – Média do peso relativo e erro padrão dos principais grupos vegetais ingeridos por tartarugas verdes, *Chelonia mydas*, nas áreas recifais e estuarinas.

Algas foram o principal grupo da dieta das tartarugas de todas as áreas recifais (Figura 1.3), com uma baixa participação de grama marinha, exceto em Abrolhos, localidade 4, onde *Halodule* foi o principal item alimentar (Tabela 1.3). Quando comparamos a composição da dieta das tartarugas das áreas recifais, usando os grandes grupos de macrófitas, nós não encontramos diferenças significativas entre a província tropical, a zona de transição e a província temperada quente ( $R = 0,05$ ;  $p > 0,05$ ). Por outro lado, a dieta das tartarugas das áreas estuarinas variou muito, com diferença significativa entre as duas áreas avaliadas ( $R = 0,15$ ;  $p = 0,02$ ) (Figura 1.3 e Tabela 1.3).

Tabela 1.3 – Peso relativo dos principais gêneros de macrófitas encontrados na dieta das tartarugas verdes, *Chelonia mydas*. 1-13 = localidades de coleta; R = recife; R\* = recife altamente urbanizado; E = estuário; e S = substrato não consolidado. Ver Tabela 1.1 para informações detalhadas sobre as localidades.

Províncias fitogeográficas	Tropical				Transição			Temperada quente					E
	R	R	E	R	E	R	R*	R	E	E	R	S	
Habitats	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<b>Rhodophyta</b>	66,2	93,9	32,5	17,1	15,1	25,8	11,5	56,4	5,6	9,0	20,8	<0,1	0,9
<i>Acanthophora</i>								15,5					
<i>Bostrychia</i>									5,6				
<i>Bryothamnion</i>				<0,1	<0,1	0,2		1,1					
<i>Chondracanthus</i>					2,9	9,3	2,7	<0,1					
<i>Cryptonemia</i>		3,5	1,0	<0,1	5,5								
<i>Gelidiella</i>	3,0	4,4		5,4				<0,1					
<i>Gelidium</i>	2,9	80,5		0,4	3,4	9,1	5,6	0,7					
<i>Gracilaria</i>		1,7		0,5	3,3	4,7	0,5	0,0		4,2			
<i>Grateloupia</i>								1,5					
<i>Halymenia</i>			31,5		<0,1	0,3	2,3	<0,1					
<i>Hypnea</i>	0,6	2,1		2,0	<0,1	0,6	<0,1	25,5		4,8	4,8		
<i>Laurencia</i>	59,7	0,8		<0,1	<0,1	<0,1					0,5		
<i>Osmundaria</i>		1,0		4,3		0,2							
<i>Porphyra</i>						<0,1		0,3					0,9
<i>Pterocladia</i>		<0,1				1,4	0,1	10,3					
<i>Pterocladia</i>											15,5		
<i>Rhodymenia</i>				4,5		<0,1	0,3	0,3					
<i>Wurdemannia</i>								1,2					
<b>Chlorophyta</b>	<0,1	5,2	1,9	23,8	16,7	68,6	83,8	26,9	13,0	6,7	41,8	51,8	2,9
<i>Caulerpa</i>	<0,1	5,2	1,9	23,8	8,5	7,3	10,8	0,1					
<i>Cladophora</i>					0,6	<0,1	0,7	6,9					
<i>Codium</i>		<0,1			0,1	<0,1					41,8		
<i>Enteromorpha</i>												0,3	
<i>Gayralia</i>									5,4				
<i>Halimeda</i>	<0,1				<0,1	3,7							
<i>Udotea</i>												3,7	
<i>Ulva</i>	<0,1				7,5	57,6	72,3	19,9	7,6	6,7		47,8	2,9
<b>Phaeophyceae</b>	20,4	0,7	47,6	3,1	57,1	3,3	<0,1	9,4		1,2	13,7	22,8	<0,1
<i>Dictyopteris</i>	14,1	0,4		1,4	<0,1	2,3	<0,1	0,5			0,5		
<i>Lobophora</i>	6,0	0,1		0,4	1,0	0,3							
<i>Sargassum</i>	0,3	0,2	47,6	1,3	56,1	0,7		8,9		1,2	13,2	22,8	
<b>Gramma marinha</b>	7,2		18,0	53,2	6,0	0,1	4,4	0,4	2,4	42,9			
<i>Halodule</i>	7,2		18,0	53,2	6,0	0,1	4,4	0,4	2,4	42,9			

A análise de preferência alimentar mostrou um padrão de preferência comum entre as tartarugas das três áreas recifais avaliadas, uma maior preferência por algas vermelhas e grama marinha e uma baixa eletividade a algas pardas (Figura 1.4). A seletividade por espécies de alga verde variou entre as áreas. Os principais gêneros encontrados na dieta das tartarugas foram: *Gelidium*, entre as Rhodophyta; *Caulerpa* e *Ulva*, entre as Chlorophyta, com grande participação de *Caulerpa* na província tropical e *Ulva* na província temperada quente; *Sargassum*, entre as Phaeophyceae; e *Halodule* entre os gêneros de grama marinha (Tabela 1.3).

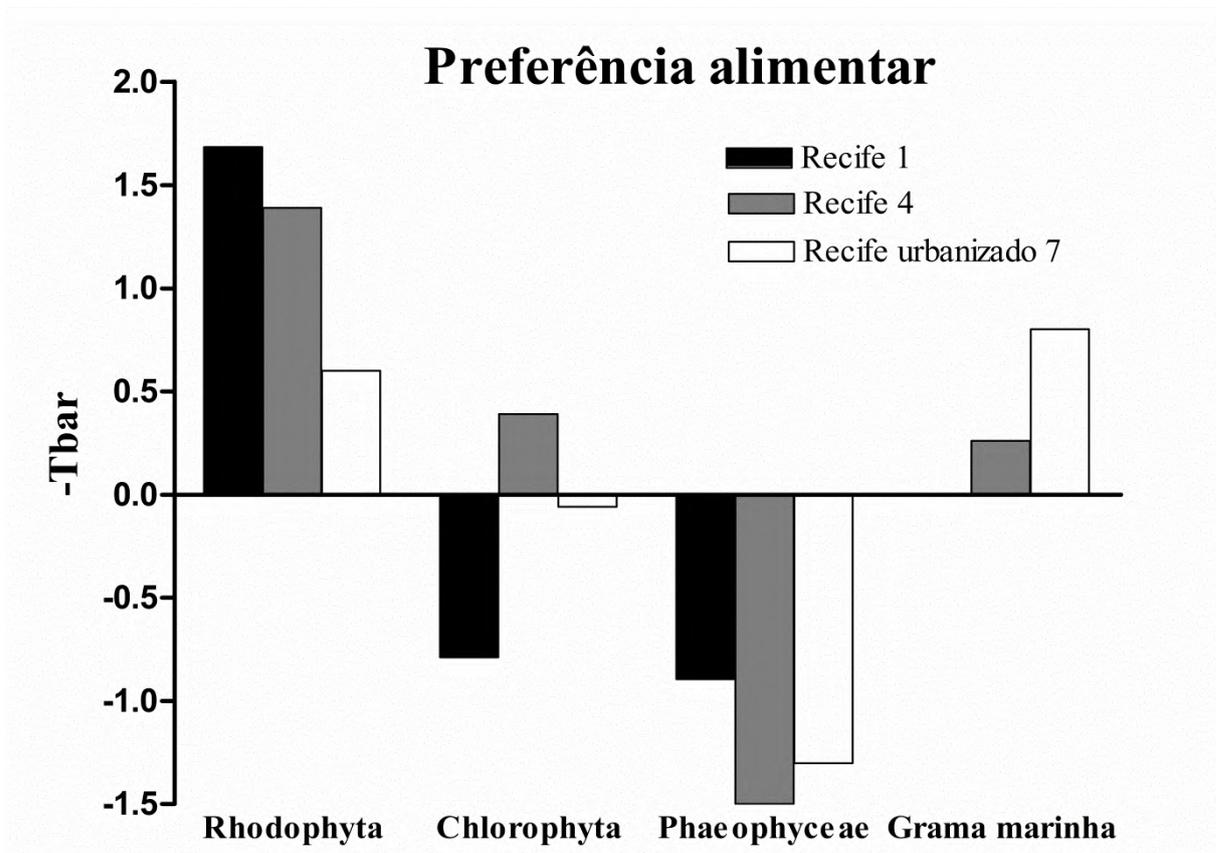


Figura 1.4 – Preferência alimentar das tartarugas verdes, *Chelonia mydas*, de três áreas recifais (recife 1, Fernando de Noronha – PE; recife 4, Abrolhos – BA; recife urbanizado 7, Vitória – ES) distribuídos ao longo da costa do Brasil. A preferência alimentar foi calculada usando o teste de Waller-Duncan para diferenças em relação aos ranks de seleção, onde valores positivos de -Tbar indicam que o recurso foi positivamente selecionado.

## 1.4 DISCUSSÃO

### Ingestão de matéria animal e estratégia de forrageamento

As tartarugas verdes são herbívoras na maior parte de sua distribuição, com elevada participação de matéria animal apenas nas áreas mais ao sul, que possuem águas mais frias (entre as isotermas de 10°C e 20°C) e uma assembleia de algas relativamente mais pobre (Horta *et al.*, 2001). A matéria animal consumida nas localidades acima da isoterma de 20°C foi considerada como sendo de ingestão acidental, em sua maioria sendo composta por invertebrados que vivem associados às algas, enquanto que nas localidades abaixo desta isoterma a ingestão foi considerada intencional. Nós atribuímos esta maior participação de matéria animal nas localidades situadas mais ao sul à interação de três fatores: um intrínseco, restrições fisiológicas devido à baixa temperatura da água; e outros dois extrínsecos, variação regional da comunidade de algas e a disponibilidade de matéria animal. A tartaruga verde é um animal ectotérmico e a sua eficiência digestiva é diretamente afetada pela temperatura da água ao seu redor (Bjorndal, 1980). Portanto, as águas mais frias das localidades mais ao sul podem diminuir a eficiência da digestão de matéria vegetal, desta maneira uma dieta baseada majoritariamente em matéria vegetal pode não prover um aporte energético suficiente para o crescimento da tartaruga, forçando-a a complementar a sua dieta com itens animais, uma matéria mais rica em energia e de mais fácil digestão. Somando-se aos resultados apresentados aqui, estudos conduzidos no Pacífico que apresentaram elevada participação de matéria animal também foram conduzidos em águas relativamente mais frias (Lemons *et al.*, 2011) ou em águas tropicais influenciadas por águas frias (Amorocho & Reina, 2007). Os dois fatores extrínsecos podem ser responsáveis pela maior ingestão animal em águas frias, porque uma assembleia de algas relativamente mais pobre nestas áreas pode limitar a quantidade de energia disponível para as tartarugas, e a maior disponibilidade de ctenóforos e águas-vivas favorecem a ingestão destes itens (Carman *et al.*, 2014; Reisser *et al.*, 2013).

Variações locais também têm um papel importante na dieta e estratégia de forrageamento das tartarugas verdes. Nós encontramos diferenças substanciais na ecologia alimentar entre as tartarugas que se alimentaram em recifes e aquelas das áreas estuarinas, mesmo quando estas áreas estavam localizadas na mesma província fitogeográfica e com temperatura da água similar. Os animais das áreas estuarinas desviam do clássico padrão de alimentação seletiva com base em macrófitas bentônicas, encontrado nas zonas recifais neste estudo e na maioria dos outros estudos conduzidos em outras partes do mundo (Arthur &

Balazs, 2008; Fuentes *et al.*, 2006; Lopez-Mendilaharsui *et al.*, 2008). Nas áreas estuarinas as tartarugas exibiram uma alimentação generalista, baseada principalmente em material flutuante. A dieta dos animais destas áreas pode ser explicada pela pobre comunidade de algas encontradas nestas áreas, que se deve principalmente a baixa salinidade e elevada descarga de sedimentos (Horta *et al.*, 2001). Esta mudança na estratégia de forrageamento provavelmente ocorre para que as tartarugas possam fazer melhor uso dos itens alimentares carregados pelo rio. No entanto, as tartarugas destas áreas também se alimentam de material bentônico quando este está disponível, como evidenciado pela alta ingestão de *Halodule* encontrada no estuário do Paranaguá (Guebert-Bartholo *et al.*, 2011). Os itens alimentares variaram muito entre as áreas estuarinas, o que está de acordo com o encontrado por Nagaoka e colaboradores (2012). A alta variabilidade dos itens alimentares provavelmente está relacionada à grande diversidade de tipos de habitats encontrados nos sistemas estuarinos. Estes habitats são determinados por fatores abióticos que variam muito entre os estuários, como a quantidade de água doce que entra no sistema, a circulação da água e as taxas de mudanças geomorfológicas (Day *et al.*, 2012).

Nas áreas recifais as tartarugas exibiram uma dieta baseada em macroalgas, com pequena variação em sua composição quando comparada às variações encontradas nas áreas estuarinas. As espécies de algas vermelhas e verdes dominaram a dieta na maioria das áreas, o que está de acordo com outros estudos em áreas que as tartaruga se alimentam majoritariamente de algas (e.g. Havaí, Arthur & Balazs, 2008; México, López-Mendilaharsu *et al.*, 2008). No entanto, a baixa participação de grama marinha contrasta com os estudos conduzidos no Caribe (Bjorndal, 1980; Mortimer, 1981). Esta diferença encontrada entre os estudos conduzidos no Caribe e os nossos resultados provavelmente se deve à relativa baixa abundância de grama marinha na costa brasileira. Apesar de na maioria das áreas recifais avaliadas neste estudo as tartarugas terem apresentado uma dieta dominada por algas, em uma área recifal (Abrolhos) nós encontramos uma participação mais igualitária de algas e grama marinha. Esta dieta mista não é esperada, já que os complexos de carboidratos encontrados nas algas e grama marinha são muito diferentes, o que exige uma microflora específica para a digestão eficiente de cada um destes grupos (Bjorndal, 1980). A dieta incomum das tartarugas desta área pode se dever à típica associação entre as macroalgas e os bancos de grama marinha encontrada nesta região (Creed & Amado Filho, 1999), o que pode dificultar a seleção de um dos dois grupos pelas tartarugas que se alimentam nesta área.

## **Preferência alimentar e riqueza da dieta**

Conhecer a preferência alimentar das tartarugas marinhas é necessário para que possamos entender seus requerimentos ecológicos, o que por sua vez é importante para que possamos traçar melhores planos de conservação e manejo (Lopez-Mendilaharsu *et al.*, 2008). Porém, ainda temos pouco conhecimento sobre as preferências alimentares das tartarugas verdes. Neste trabalho nós avaliamos a preferência alimentar das tartarugas em três áreas distintas, que exibem diferentes disponibilidades de recursos. Apesar disso, nós encontramos um padrão comum de seletividade: preferência por alga vermelha e grama marinha, e baixa eletividade à alga parda. Quando nós comparamos nossos resultados aos encontrados em outros estudos, verificamos resultados similares em um estudo conduzido na Austrália (Fuentes, *et al.*, 2006) e em outro trabalho conduzido no Brasil (Reisser *et al.*, 2013), e discordantes no estudo conduzido no México (López-Mendilaharsu *et al.*, 2008). A preferência por grandes grupos taxonômicos de algas pode variar de acordo com a composição da assembleia de algas disponível na área de alimentação. Apesar disso, a coincidência das análises de preferência encontrada em nosso estudo somada aos resultados de outros trabalhos de dieta que mostram elevada participação de espécies de alga vermelha e grama marinha, e baixa participação de algas pardas (Arthur & Balazs, 2008; Bjorndal, 1980; Dantas *et al.*, 2012; Fuentes *et al.*, 2006; Mortimer, 1981; Reisser *et al.*, 2013; Seminoff *et al.*, 2002a), dá suporte a este padrão de preferência. Porém, as razões desta preferência ainda precisam ser melhor estudadas.

A riqueza de espécies encontrada na dieta das tartarugas marinhas parece estar diretamente relacionada com a riqueza da assembleia de algas encontrada nas áreas de alimentação. Este resultado indica que, apesar de sua seletividade, a tartaruga verde faz uso de um grande número de espécies quando uma assembleia de algas rica em espécies está disponível. Isto provavelmente se deve a considerável variação na composição nutricional das espécies utilizada pelas tartarugas (McDermid *et al.*, 2007), e ao fato de que diferentes nutrientes são requeridos para otimizar diferentes processos no ciclo de vida dos animais (Worm *et al.*, 2006).

Os itens alimentares encontrados na dieta da tartaruga verde também nos permite fazer inferências sobre as áreas utilizadas por estes animais durante o forrageio, gerando assim uma informação importante para sua conservação (Seminoff *et al.*, 2002b). Com base nas espécies ingeridas pelas tartarugas, nós acreditamos que estas fazem uso de principalmente de áreas rasas durante o forrageio, pois a maior parte das espécies encontradas

é mais comum na área que vai da região entremarés até a profundidade de 10 m (Litter & Litter, 2000). Tal hipótese é reforçada pela presença de gêneros como *Porphyra*, que é encontrado principalmente na região entremarés superior, sugerindo que as tartarugas aproveitam as marés mais altas para explorar áreas ainda mais próximas à costa. Nossas inferências são corroboradas por outros estudos, que usando outras metodologias mostraram que as tartarugas verdes são mais abundantes em áreas de alimentação rasas (e.g. Reisser *et al.*, 2013).

### **Implicações para a conservação**

As implicações para a conservação dos nossos resultados podem ser divididas em dois grupos, as implicações relativas à estratégia de forrageamento e aquelas relativas à dieta. A Figura 1.5 apresenta um resumo das variações na ecologia alimentar da tartaruga verde, os principais fatores envolvidos na variação e as implicações para a conservação. Nós encontramos duas estratégias de forrageamento, bentônica e pelágica, que estão relacionadas a variáveis locais e regionais. A principal implicação da variação na estratégia de forrageamento está relacionada ao risco de ingestão de lixo, uma importante ameaça à conservação das tartarugas marinhas (Hamann *et al.*, 2010). Os indivíduos com estratégia de forrageamento pelágica estão mais susceptíveis à ingestão de lixo, pois esta estratégia aumenta a chance de encontro das tartarugas com o lixo, já que a maior parte do lixo possui flutuabilidade positiva (Derraik, 2002). Tartarugas das áreas estuarinas estão ainda mais ameaçadas, porque além de exibirem uma estratégia de forrageamento pelágica, os rios são uma das principais fontes de entrada de lixo nos oceanos (Barnes *et al.*, 2009).

A herbivoria impõe às tartarugas verdes uma dieta limitada em nutrientes, que está relacionada à relativa demora na maturação sexual (Bjorndal, 1995). Assim, quanto mais nutritiva a dieta, maiores serão as taxas de reprodução e crescimento das tartarugas. Desta forma, a variabilidade na dieta encontrada em diferentes áreas de alimentação pode ter um impacto direto na conservação da espécie (Bjorndal, 1985). Nossos resultados mostraram que tartarugas de áreas estuarinas possuem uma dieta com itens de menor qualidade nutricional, o que pode gerar diferenças nas taxas de crescimento. Outro ponto importante é a degradação das áreas costeiras, que como mostrado aqui e em um trabalho anterior (Santos *et al.*, 2011) limita a disponibilidade de alimento, afetando diretamente a dieta das tartarugas. Esta limitação nutricional pode gerar a diminuição nas taxas de crescimento e conseqüentemente reduzir a velocidade de recuperação da população adulta. Desta maneira, o aumento do

impacto humano sobre as áreas costeiras, mesmo sem provocar uma mortalidade observável, pode ameaçar as populações de tartarugas verdes de maneira duradoura.

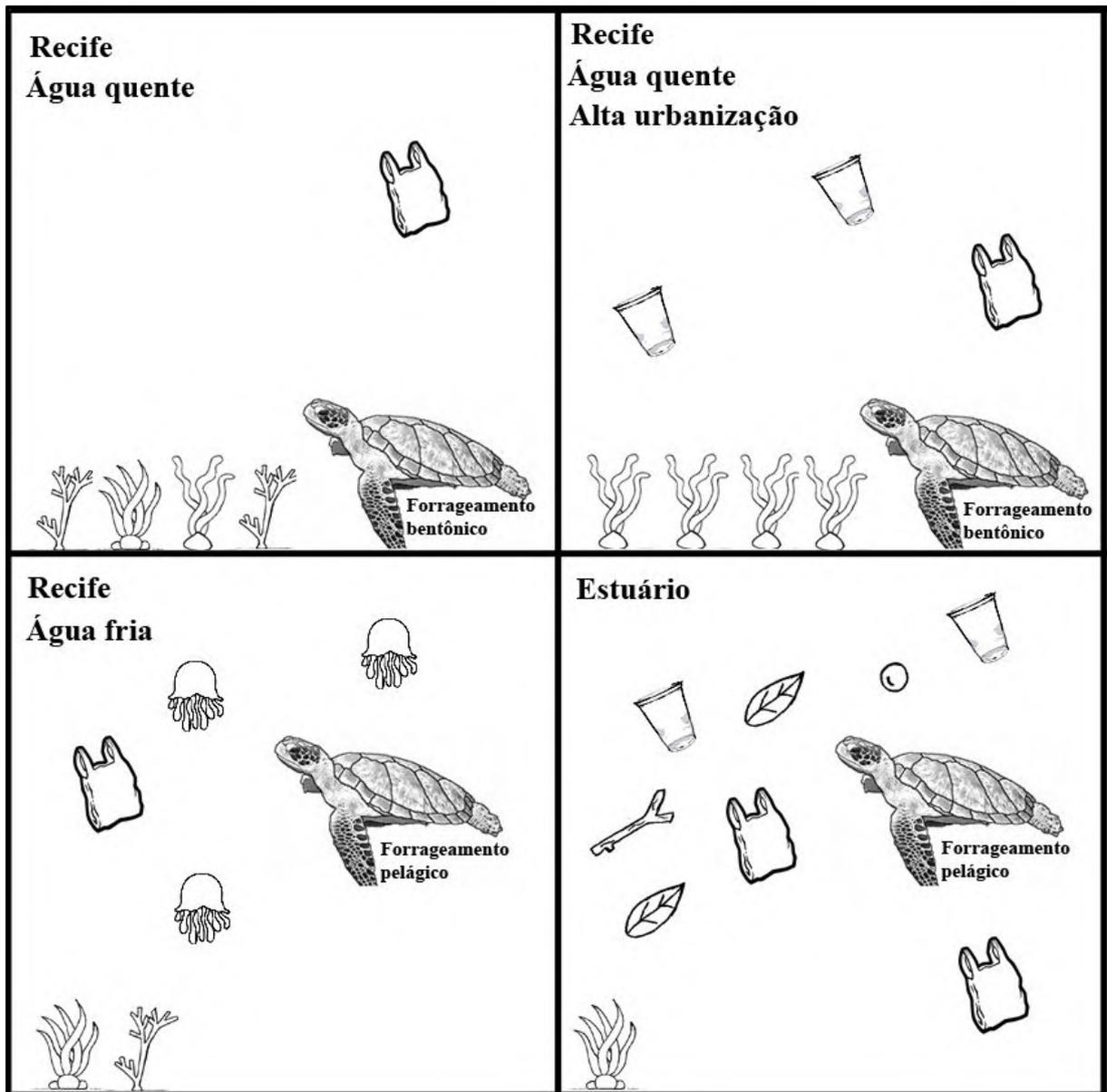


Figura 1.5 – Esquema mostrando um resumo das variações na ecologia alimentar da tartaruga verde, *Chelonia mydas*, os principais fatores envolvidos na variação e as implicações para a conservação. A quantidade e diversidade dos itens apresentados estão relacionados com sua abundância e diversidade no ambiente.

Uma característica comum de todas as tartarugas avaliadas, independentemente de sua estratégia de forrageamento ou dieta, é a busca por alimento em áreas rasas. Esta informação é importante para um melhor manejo das atividades pesqueiras, a maior ameaça à conservação das tartarugas marinhas (Hillestad *et al.*, 1995; Lutcavage *et al.*, 1997). O uso de áreas de

alimentação rasas pelas tartarugas verdes sugere que esta espécie é mais susceptível a atividades pesqueiras que ocorrem próxima à costa, especialmente redes de emalhe, que são comumente utilizadas na pesca artesanal. Acessar o impacto da pesca artesanal pode ser logisticamente desafiador devido à natureza difusa desta atividade, por esta razão o impacto da pesca artesanal raramente é quantificado (Humber *et al.*, 2011). Um estudo conduzido em Madagascar estimou que, em uma única província, foram capturadas entre 10.000 e 16.000 tartarugas marinhas em um ano pelos pescadores artesanais, sendo a tartaruga verde a espécie mais capturada (Humber *et al.*, 2011). É provável que cenários similares a este estejam ocorrendo em outros países, portanto quantificar a mortalidade causada pelas atividades de pesca artesanal e trabalhar com as comunidades de pescadores deve ser visto como uma das prioridades para a conservação da tartaruga verde.

## 1.5 REFERÊNCIAS

- Amoroch, D. F., & Reina, R. D. (2007). Feeding ecology of the East Pacific green sea turtle *Chelonia mydas agassizii* at Gorgona National Park, Colombia. *Endangered Species Research*, 3, 43–51.
- André, J., Gyuris, E., & Lawler, I. R. (2005). Comparison of the diets of sympatric dugongs and green turtles on the Orman Reefs , Torres Strait , Australia. *Wildlife Research*, 32, 53–62.
- Anon. (1995). Prefer: statistical package for comparisons of resource preference. (USFWS: Northern Prairie Research Center: Jamestown, ND.).
- Arthur, K. E., & Balazs, G. H. (2008). A comparison of immature green turtles (*Chelonia mydas*) diets among seven sites in the main Hawaiian islands?. *Pacific Science*, 62(2), 205–217.
- Balazs, G. H. (1995). Growth rates of immature green turtles in the Hawaiian archipelago. In: K. A. Bjorndal (Ed.), *Biology and conservation of sea turtles* (Revised ed., pp. 117–126). Washington, DC: Smithsonian Institution Press.
- Barnes, D. K. A., Galgani, F., Thompson, R. C., & Barlaz, M. (2009). Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 1985–1998.
- Bjorndal, K. A. (1980). Nutrition and grazing behavior of the green turtle *Chelonia mydas*. *Marine Biology*, (56), 147–154.
- Bjorndal, K. A. (1985). Nutritional ecology of sea turtles. *Copeia*, (3), 736–751.

- Bjorndal, K. A. (1995). The consequences of herbivory for the life history of the Caribbean green turtle, *Chelonia mydas*. In: K. A. Bjorndal (Ed.), *Biology and conservation of sea turtles* (pp. 111–116). Washington, D.C.: Smithsonian Institution Press.
- Bjorndal, K. A. (1997). Foraging ecology and nutrition of sea turtles. In: P. L. Lutz & J. A. Musick (Eds.), *The biology of sea turtles*, 199–231. Boca Raton, Florida: CRC Press.
- Bjorndal, K. A., & Jackson, J. B. C. (2003). Roles of sea turtles in marine ecosystems: reconstructing the past. In: P. L. Lutz, J. A. Musick, & J. Wyneken (Eds.), *The biology of sea turtles Volume II* (pp. 259–273). Boca Raton, FL: CRC Press.
- Bugoni, L., Krause, L., & Petry, M. V. (2003). Diet of sea turtles in Southern Brazil. *Chelonian Conservation and Biology*, 4(3), 15–18.
- Carman, V. G., 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. *Marine Biology*, 161, 339–349.
- Creed, J. C., & Amado Filho, G. M. (1999). Disturbance and recovery of the macroflora of a seagrass (*Halodule wrightii* Ascherson) meadow in the Abrolhos Marine National Park, Brazil: an experimental evaluation of anchor damage. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 235(2), 285–306.
- Dantas, D. V., Barletta, M., Ramos, J. A. A., Lima, A. R. A., & Costa, M. F. (2012). Seasonal diet shifts and overlap between two sympatric catfishes in an estuarine nursery. *Estuaries and Coasts*, 36(2), 237–256.
- Day, J. W., Yáñez-Arancibia, A., Kemp, W. M., & Crump, B. C. (2012). Introduction to estuarine ecology. In: J. W. Day, A. Yáñez-Arancibia, W. M. Kemp, & B. C. Crump (Eds.), *Estuarine Ecology* (pp. 1–19). New York: Wiley-Blackwell.
- Derraik, J. G. B. (2002). The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. *Marine pollution bulletin*, 44(9), 842–52.
- Figueiredo, M. A. O., Horta, P. A., Pedrini, A. G., & Nunes, J. M. C. (2008). Benthic marine algae of the coral reefs of Brazil: a literature review. *Oecologia Brasilienses*, 12, 258–269.
- Forbes, G. A., & Limpus, C. J. (1993). A non-lethal method for retrieving stomach contents from sea turtles. *Wildlife Research*, 20(3), 339–343.
- Fuentes, M. M. P. B., Lawler, I. R., & Gyuris, E. (2006). Dietary preferences of juvenile green turtles (*Chelonia mydas*) on a tropical reef flat. *Wildlife Research*, 33, 671–678.
- Guebert-Bartholo, F. M., Barletta, M., Costa, M. F., & Monteiro-Filho, E. L. A. (2011). Using gut contents to assess foraging patterns of juvenile green turtles *Chelonia mydas* in the Paranaguá Estuary, Brazil. *Endangered Species Research*, 13(2), 131–143.
- Hamann, M., Godfrey, M. H., Seminoff, J. A., Arthur, K., Barata, P. C. R., Bjorndal, K. A., Bolten, A. B., Broderick, A. C., Campbell, L. M., Carreras, C., Casale, P., Chaloupka,

- M., Chan, S. K. F., Coyne, M. S., Crowder, L. B., Diez, C. E., Dutton, P. H., Epperly, S. P., FitzSimmons, N. N., Formia, A., Girondot, M., Hays, G. C., I-Jiunn, C., Kaska, J., Lewison, R., Mortimer, J. A., Nichols, W. J., Reina, R. D., Shanker, K., Spotila, J. R., Tomás J., Wallace, B. P., Work, T. M., Zbiden, J., Godley, B.J. (2010). Global research priorities for sea turtles: informing management and conservation in the 21st century. *Endangered Species Research*, 11(3), 245–269.
- Hillestad, H. O., Richardson, J. I., McVea, C., & Watson, J. M. (1995). Worldwide incidental capture of sea turtles. In: K. A. Bjorndal (Ed.), *Biology and conservation of sea turtles* (pp. 489–495). Washington, D.C.: Smithsonian Institution Press.
- Horta, P. A., Amancio, E., Coimbra, C. S., & Oliveira, E. C. (2001). Considerações sobre a distribuição e origem da flora de macroalgas marinhas brasileiras. *Hoehnea*, 28(3), 243–265.
- Humber, F., Godley, B. J., Ramahery, V., & Broderick, A. C. (2011). Using community members to assess artisanal fisheries: the marine turtle fishery in Madagascar. *Animal Conservation*, 14(2), 175–185.
- Johnson, D. H. (1980). The comparison of usage and availability measurements for evaluating resource preference. *Ecology*, 61(1), 65–71.
- Lemons, G., Lewison, R., Komoroske, L., Gaos, A., Lai, C.-T., Dutton, P., Eguchi, T., LeRoux, R., & Seminoff, J. A. (2011). Trophic ecology of green sea turtles in a highly urbanized bay: insights from stable isotopes and mixing models. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 405(1-2), 25–32.
- Litter, D. S., & Litter, M. M. (2000). *Caribbean reef plants* (p. 542). Washington, DC: Off Shore Graphics, Inc.
- Lopez-Mendilaharsui, M., Gardner, S. C., Riosmena-Rodriguez, R., & Seminoff, J. A. (2008). Diet selection by immature green turtles (*Chelonia mydas*) at Bahia Magdalena foraging ground in the Pacific Coast of the Baja California Peninsula, Mexico. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 88(3), 641–647.
- Lutcavage, M. E., Ploktin, P., Witherington, B. E., & Lutz, P. L. (1997). Human impacts on sea turtle survival. In: P. L. Lutz & J. A. Musick (Eds.), *The biology of sea turtles*, 387–410. Boca Raton, Florida: CRC Press.
- Marine Turtle Specialist Group (SSC/IUCN). (1995). *A global strategy for the conservation of marineturtles*. Gland, Switzerland: IUCN Publications.
- Mcdermid, K. J., Stuercke, B., & Balazs, G. (2007). Nutritional composition of marine plants in the diet of the green sea turtle (*Chelonia mydas*) in the Hawaiian Islands. *Bulletin of Marine*, 81(1), 55–71.
- Mortimer, J A. (1981). The feeding ecology of the west Caribbean green turtle (*Chelonia, Mydas*) in Nicaragua. *Biotropica*, 13(1), 49–58.

- Musick, J. A., & Limpus, C. J. (1997). Habitat utilization and migration in juvenile sea turtles. In: P. L. Lutz & J. A. Musick (Eds.), *The biology of sea turtles* (pp. 137–164). CRC Press, Boca Raton, Fla.
- Nagaoka, S. M., Martins, A. S., Santos, R. G., Tognella, M. M. P., Oliveira Filho, E. C., & Seminoff, J. A. (2012). Diet of juvenile green turtles (*Chelonia mydas*) associating with artisanal fishing traps in a subtropical estuary in Brazil. *Marine Biology*, 159(3), 573–581.
- Nakashima, S. B. (2008). Dieta da tartaruga-verde *Chelonia mydas* Linnaeus, 1758 (Testudines, Cheloniidae) no litoral norte do Rio Grande do Sul. Pp. 38. Dissertação de Mestrado. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.
- 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. *Marine Biology*, 160, 3169–3179.
- Ricklefs, R. E. (1987). Community diversity : relative roles of local and regional processes. *Science*, 235, 167–171.
- Ross, J. P. (1985). Biology of the green turtle, *Chelonia mydas*, on an Arabian feeding ground. *Journal of Herpetology*, 19(4), 459–468.
- Russell, D. F., & Balazs, G. H. (2009). Dietary shifts by green turtles (*Chelonia mydas*) in the Kane’ohe Bay region of the Hawaiian Islands: A 28-Year Study. *Pacific Science*, 63(2), 181–192.
- Santos, R. G., Farias, J. N., Miranda, G. E. C., & Mascarenhas, R. (2004). Herbivoria de *Chelonia mydas* Linnaeus, sobre os bancos de algas do litoral de João Pessoa, Paraíba, Brasil. In *Anais da X reunião da sociedade brasileira de ficologia*. Salvador, BA, Brazil.
- Santos, R. G., Martins, A. S., Farias, J. D. N., Horta, P. A., Pinheiro, H. T., Torezani, E., Baptistotte, C., Seminoff, J.A., Balazs, G.H., Work, T. M. (2011). Coastal habitat degradation and green sea turtle diets in Southeastern Brazil. *Marine pollution bulletin*, 62(6), 1297–1302.
- Seminoff, J.A. 2004. *Chelonia mydas*. In: IUCN 2008. 2008 IUCN Red List of Threatened Species. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>.
- Seminoff, J. A., Resendiz, A., & Nichols, W. J. (2002a). Diet of east pacific green turtles (*Chelonia mydas*) in the Central Gulf of California, México. *Journal of Herpetology*, 36(3), 447–453.
- Seminoff, J. A., Resendiz, A., & Nichols, W. J. (2002b). Home range of green turtles *Chelonia mydas* at a coastal foraging area in the Gulf of California, Mexico. *Marine Ecology-Progress Series*, 242, 253–265.
- Whelan, C. J., & Schmidt, K. A. (2007). Food acquisition, processing and digestions. In: D. W. Stephens, J. S. Brown, & R. C. Ydenberg (Eds.), *Foraging: behavior and ecology* (p. 576). University of Chicago Press.

Witherington, B., Hiram, S., & Hardy, R. (2012). Young sea turtles of the pelagic Sargassum-dominated drift community: habitat use, population density, and threats. *Marine Ecology Progress Series*, 463, 1–22.

Worm, B., Barbier, E. B., Beaumont, N., Duffy, J. E., Folke, C., Halpern, B. S., Jackson, J. B. C., Lotze, H. K., Micheli, F., Palumbi, S.R., Sala, E., Selkoe, K. A., Stachowicz, J. J. Watson, R. (2006). Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services. *Science*, 314 (5800 ), 787–790.

## 1.6 APÊNDICE

Apêndice 1.1 – Lista dos gêneros de macrófitas encontrados na dieta das tartarugas verdes, *Chelonia mydas*.

<u>Chlorophyta</u>	<u>Rhdophyta</u>	<u>Rhdophyta</u>
<i>Acicularia</i>	<i>Acanthophora</i>	<i>Gymnogongrus</i>
<i>Anadyomene</i>	<i>Achondracanteus</i>	<i>Haliptilon</i>
<i>Boodleopsis</i>	<i>Acrochaetium</i>	<i>Halymenia</i>
<i>Bryopsis</i>	<i>Amansia</i>	<i>Hypnea</i>
<i>Caulerpa</i>	<i>Amphiroa</i>	<i>Jania</i>
<i>Chaetomorpha</i>	<i>Arthrocardia</i>	<i>Laurencia</i>
<i>Cladophora</i>	<i>Asparagopsis</i>	<i>Murrayella</i>
<i>Cladophoropsis</i>	<i>Bostrychia</i>	<i>Neosiphonia</i>
<i>Codium</i>	<i>Bryothamnion</i>	<i>Osmundaria</i>
<i>Derbesia</i>	<i>Caloglossa</i>	<i>Peyssonnelia</i>
<i>Enteromorpha</i>	<i>Catenella</i>	<i>Plocamium</i>
<i>Ernodesmis</i>	<i>Centrocera</i>	<i>Polysiphonia</i>
<i>Gayralia</i>	<i>Ceramium</i>	<i>Porphyra</i>
<i>Halimeda</i>	<i>Champia</i>	<i>Predaea</i>
<i>Rhizoclonium</i>	<i>Cheilosporum</i>	<i>Pterocladia</i>
<i>Udotea</i>	<i>Chondracanthus</i>	<i>Pterocladiella</i>
<i>Ulva</i>	<i>Chondria</i>	<i>Rhodymenia</i>
	<i>Compsopogon</i>	<i>Thuretia</i>
<u>Phaeophyceae</u>	<i>Cryptonemia</i>	<i>Tricleocarpa</i>
<i>Canistrocarpus</i>	<i>Cryptopleura</i>	<i>Wurdemannia</i>
<i>Colpomenia</i>	<i>Delesseriaceae</i>	
<i>Dictyopteris</i>	<i>Digenea</i>	<u>Gramma marinha</u>
<i>Dictyota</i>	<i>Galaxaura</i>	<i>Halodule</i>
<i>Lobophora</i>	<i>Gelidiella</i>	<i>Halophila</i>
<i>Padina</i>	<i>Gelidiopsis</i>	<i>Sebdenia</i>
<i>Petalonia</i>	<i>Gelidium</i>	
<i>Sargassum</i>	<i>Gigartina</i>	
<i>Sphacelaria</i>	<i>Gracilaria</i>	
	<i>Gracilariopsis</i>	
	<i>Grateloupia</i>	

**Capítulo 2 – O potencial de letalidade da ingestão de lixo por tartarugas verdes, *Chelonia mydas*, e a origem do lixo ingerido.**

## 2.1 INTRODUÇÃO

Por muito tempo, a contaminação por resíduos antropogênicos, principalmente plástico, dos ambientes marinhos foi ignorada ou considerada com um problema meramente estético (Derraik, 2002; Laist, 1987). Porém, esta contaminação é considerada atualmente como um dos impactos antrópicos sobre os ambientes marinhos mais amplamente distribuído e duradouro (Barnes *et al.*, 2009). Apesar dos reconhecidos danos sobre a vida marinha, biodiversidade e saúde dos seres humanos causados pelo acúmulo de resíduos plásticos no ambiente (Gregory, 2009; Rochman *et al.*, 2013; Teuten *et al.* 2009; Thompson *et al.*, 2009), a produção deste material e seu despejo no ambiente são intensos, contínuos e crescentes (Plastic Europe, 2012; Rochman *et al.*, 2013; Thompson *et al.*, 2009). Devido às características do plástico, como durabilidade e leveza, e ao seu uso indiscriminado em produtos descartáveis ou de vida curta (Hopewell *et al.*, 2009), hoje podemos encontrar resíduos plásticos distribuídos em praticamente todos os oceanos e ecossistemas costeiros (Barnes *et al.*, 2009; Ryan & Moloney, 1993; Thompson *et al.*, 2009).

Impactos por resíduos antropogênicos foram registrados para mais de 250 espécies marinhas, e a ingestão destes resíduos é um fenômeno amplamente distribuído, tanto geograficamente como taxonomicamente (Laist, 1997). A ingestão de lixo pode levar diretamente a morte através da obstrução do trato digestivo, ou causar efeitos subletais, como a diminuição do ganho nutricional e exposição a produtos químicos presentes em diversos resíduos plásticos (Gregory, 2009; Teuten *et al.*, 2009). As tartarugas marinhas representam um grupo icônico de animais marinhos ameaçados pela ingestão de lixo, visto que esta já foi reportada em seis das sete espécies existentes (Schuyler *et al.*, 2014). Apesar de existir uma vasta literatura relatando a ingestão de lixo por tartarugas marinhas (Schuyler *et al.*, 2014), e o impacto causado pela ingestão de lixo ser considerado uma das prioridades de pesquisa para este grupo (Hamann *et al.*, 2010), ainda existe uma grande carência de dados relacionados à mortalidade causada pela ingestão destes resíduos.

Recolher todo o lixo distribuído por todos os oceanos e áreas costeiras é uma tarefa praticamente impossível. Desta maneira, a primeira e mais realista ação que podemos tomar para reduzir o impacto dos resíduos antropogênicos sobre a fauna marinha é reduzir a produção e evitar a entrada destes resíduos no ambiente marinho (Gregory, 2009). Para isso, faz-se necessário conhecer qual é o uso original dos resíduos ingeridos pelos animais marinhos. Porém, esta informação essencial está ausente na maioria dos estudos que trataram do tema.

A ingestão de lixo pelas tartarugas marinhas tem aumentado ao longo dos últimos anos (Shcuylar *et al.*, 2014), o que reforça a necessidade de informações sobre fatores cruciais relacionados à ingestão de lixo que ainda permanecem pouco entendidos, como a mortalidade causada pela ingestão de lixo e o uso original do material ingerido. Desta maneira, os objetivos deste trabalho são: i) quantificar a ingestão de lixo por tartarugas verdes, *Chelonia mydas*, ao longo da costa brasileira; ii) quantificar a mortalidade causada pela ingestão de lixo e quantidade de lixo suficiente para causar a morte de uma tartaruga; e iii) determinar o uso original dos resíduos antropogênicos ingeridos pelas tartarugas. Neste estudo nós mostramos que uma quantidade surpreendentemente pequena de lixo é suficiente para causar a morte de um juvenil de tartaruga verde, e que uma quantidade expressiva do material ingerido é derivada de sacolas plásticas e itens relacionados à alimentação. Nós também sugerimos que a ingestão de lixo tem um elevado potencial de letalidade que atualmente está sendo mascarado por outras causas de morte.

## 2.2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram coletadas 265 tartarugas verdes encontradas encalhadas mortas ao longo da costa brasileira entre 2009 e 2013 (Figura 2.1). A coleta se deu através do monitoramento intensivo do litoral executado pelas equipes do TAMAR/ICMBio e CTA – Serviços em meio ambiente. Informações sobre as áreas de coleta são apresentadas na Tabela 2.1. Para uma avaliação mais precisa da causa de morte, apenas animais que não apresentavam sinais de decomposição foram coletados. A necropsia e a biometria (peso e comprimento curvo de casco – CCC) foram executadas por veterinário especializado usando a metodologia padrão para tartarugas marinhas (Wyneken, 2001). A ingestão de lixo só foi considerada a causa da morte do animal quando este apresentava uma obstrução do trato digestivo causada por lixo e nenhuma outra evidência relacionada à outra possível causa de morte foi encontrada. A causa da morte foi atribuída à interação com pesca quando havia um relato de interação com pesca fornecido pelo coletor ou quando marcas claras de aparato de pesca foram encontradas nas tartarugas (e.g. marcas de rede). A condição corporal dos indivíduos foi avaliada de acordo com Walsh (1999), que categoriza a condição corporal em normal, abaixo do peso e definhando, levando em consideração o afundamento do plastrão, características dos olhos e a musculatura do pescoço e das nadadeiras. O índice de condição corporal ( $ICC \times 10^5$ ) foi calculado usando o índice de Fulton ( $ICC = \text{peso} / \text{CCC}^3$ ).

Para avaliação da ingestão de lixo todo o trato digestivo foi analisado. Todo resíduo encontrado foi lavado e seco em estufa a 60°C por 48 horas. Cada item foi classificado de acordo com o tipo de material (e.g. plástico rígido, plástico flexível, borracha, nylon e cordas) e avaliado em relação ao seu uso original (e.g. itens relacionado à alimentação, sacolas plásticas ou pesca). A frequência de ocorrência, peso e número de itens foi calculado para todas as categorias de material. Todo fragmento maior que 0,5 cm foi considerado um item individual. Fragmentos menores que 0,5 cm foram considerados como podendo ser gerados através da fragmentação de itens maiores já dentro do trato da tartaruga, e, portanto, foram incluídos apenas no peso total do material a que pertenciam. Apenas “pellets” de plástico, matéria prima para a produção de produtos plásticos, foram considerados itens individuais independentemente do seu tamanho.

Tabela 2.1 – Localidades e habitats de coleta dos indivíduos de tartaruga verde, *Chelonia mydas*. N = número de indivíduos; CCC ± DP = média do comprimento curvo de casco ± desvio padrão.

	<b>Localidades</b>	<b>Habitat</b>	<b>N</b>	<b>CCC ± DP (cm)</b>
<b>1</b>	Litoral de Sergipe	Estuário	22	42,6 ± 20,4
<b>2</b>	Regência - ES	Estuário	21	35,1 ± 3,5
<b>3</b>	Fundão e Aracruz - ES	Recife	81	36,5 ± 4,6
<b>4</b>	Vitória - ES	Recife (urbanizado)	103	39,8 ± 7,4
<b>5</b>	Vila Velha - ES	Recife	14	37,1 ± 5,3
<b>6</b>	Ubatuba - SP	Recife	17	38,1 ± 5,6
<b>7</b>	Florianópolis - SC	Recife	7	38,5 ± 3,6

Através da quantificação do lixo ingerido por todas as tartarugas, nós determinamos a quantidade mínima de lixo que foi suficiente para causar a obstrução do trato gastrointestinal e conseqüentemente a morte de um indivíduo (quantidade crítica). A taxa de mortalidade potencial por ingestão de lixo foi calculada utilizando os animais que tiveram a causa da morte provocada por ingestão de lixo somado àqueles que morreram devido a outras causas, mas ingeriram quantidades de lixo acima da quantidade crítica. Para evitar erros no cálculo da mortalidade potencial, foram utilizados apenas animais pertencentes à mesma classe de tamanho.

O teste de Mann Whitney-*U* foi usado para avaliar a diferença entre o ICC das tartarugas que morreram devido à ingestão de lixo e aquelas que morrem devido à interação com a pesca e possuíam condição corporal considerada normal. A análise de similaridade (ANOSIM) foi usada para avaliar as diferenças na composição do lixo ingerido pelas tartarugas que morreram devido à ingestão de lixo e aquelas que ingeriram uma quantidade acima da crítica, mas que a morte foi atribuída a outras causas. Para ilustrar esta relação, foi empregado o escalonamento multidimensional (MDS). A matriz de similaridade utilizada no MDS e ANOSIM foi gerada utilizando o peso relativo de cada material para cada indivíduo. O teste de Mann Whitney-*U* também foi utilizado para avaliar a diferença no CCC e peso de lixo ingerido entre tartarugas que morreram devido à ingestão de lixo e aquelas que morreram devido a outras causas.

### **2.3 RESULTADOS**

Todos os indivíduos analisados foram considerados juvenis, o CCC médio foi de 38,0 cm (DP: 6,6; min-máx: 26,1-78,4 cm). Das 265 tartarugas analisadas, 70,6% delas ingeriram lixo. A frequência de ocorrência de ingestão de lixo (FO%) foi alta em todas as áreas, variando de 60% até 100% (Figura 2.1). Um total de 8.975 itens e 531,9 g foi ingerido pelas tartarugas, dentre as tartarugas que ingeriram lixo encontramos um número médio de itens de 47,5 por tartaruga (DP: 120,1; min-máx: 1-965 itens) e um peso médio de 2,8 g por tartaruga (DP: 8,5; min-máx: <0,1-75,2 g). Foi possível determinar a causa da morte de 73,3% dos indivíduos, e a interação com pesca foi a principal causa da morte (52,5%). A morte causada devido à ingestão de lixo variou grandemente entre as localidades de coleta (Figura 2.1), com uma frequência de ocorrência média de 10,7%. As maiores taxas de mortalidade causada pela ingestão de lixo foram observadas na região estuarina (1), no recife altamente urbanizado (4) e no recife localizado no extremo sul da área de coleta (7) (Figura 2.1).

A análise dos resíduos antropogênicos ingeridos pelas tartarugas que morreram devido à ingestão de lixo mostrou que a quantidade crítica necessária para causar a morte de um juvenil de tartaruga verde é muito pequena: 0,5 g foi capaz de causar a obstrução do trato gastrointestinal de um indivíduo (Apêndice 2.1), e 42,9% dos animais que morreram por obstrução do trato gastrointestinal ingeriram menos que dois gramas de lixo. Todos os indivíduos que morreram devido à ingestão de lixo foram classificados como abaixo do peso ou definhando, demonstrando que a morte causada pela ingestão de lixo deriva de um processo crônico. Adicionalmente, nós encontramos um ICC médio significativamente maior

( $p < 0,01$ ) nas tartarugas que morreram devido à interação com pesca (10,9) quando comparado ao ICC daquelas que morreram devido à ingestão de lixo (8,2), e esta diferença é ilustrada pela relação peso-comprimento exibida na Figura 2.2. Quando comparamos o CCC ( $p = 0,14$ ) e o peso ( $p = 0,26$ ) e composição do lixo (ANOSIM:  $R = -0,03$  e  $p = 0,69$ ; Figura 2.3) ingerido por tartarugas que morreram devido à ingestão de lixo com aquelas que ingeriram lixo acima da quantidade crítica (0,5 g), mas morreram devido a outras causas, nós não encontramos diferenças significativas. Desta maneira, nós encontramos que a taxa mortalidade potencial devido à ingestão de lixo é maior do que a observada, valores médio de 39,4% e 10,7%, respectivamente. A taxa de mortalidade potencial também variou consideravelmente de acordo com a localidade, com as maiores taxas encontradas nos ambientes estuarinos (1 e 2) e no recife localizado no extremo sul da área de coleta (7) (Figura 2.1).

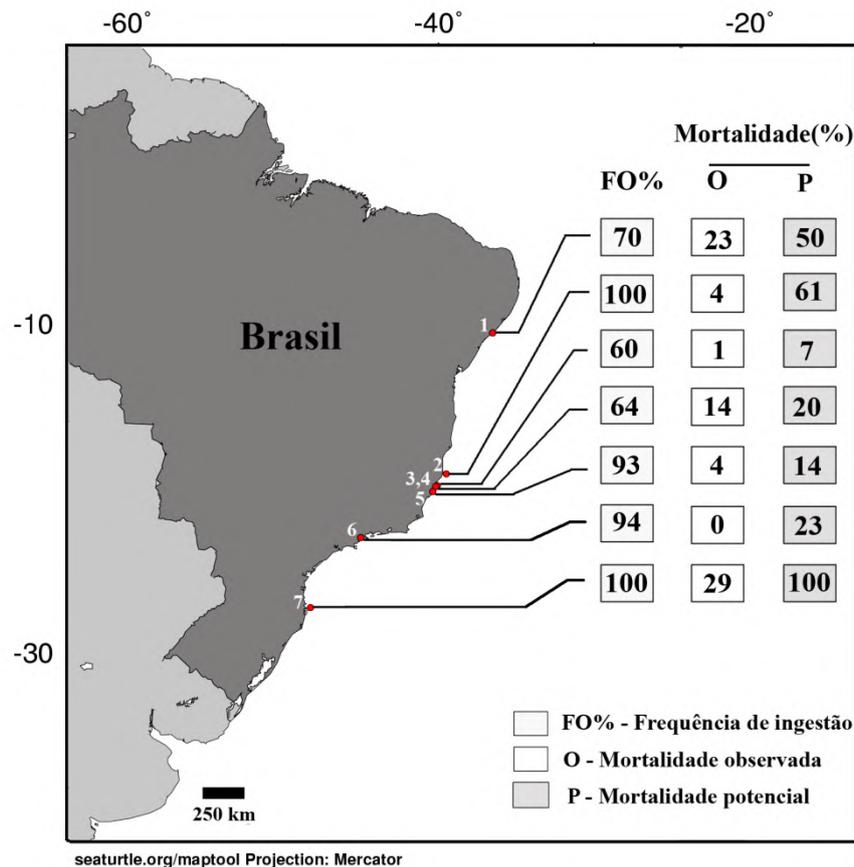


Figura 2.1 – Localidades de coleta para a avaliação da ingestão de lixo por tartarugas verdes, *Chelonia mydas*, mostrando a frequência de ingestão, mortalidade observada e mortalidade potencial. 1-7 = localidades; FO% = frequência de ocorrência de ingestão de lixo; O = mortalidade observada, definida como quantidade relativa de indivíduos que morreram devido à ingestão de lixo; P = mortalidade potencial, definida como número relativo de indivíduos que ingeriram lixo acima da quantidade crítica. Ver Tabela 2.1 para informações detalhadas sobre as localidades.

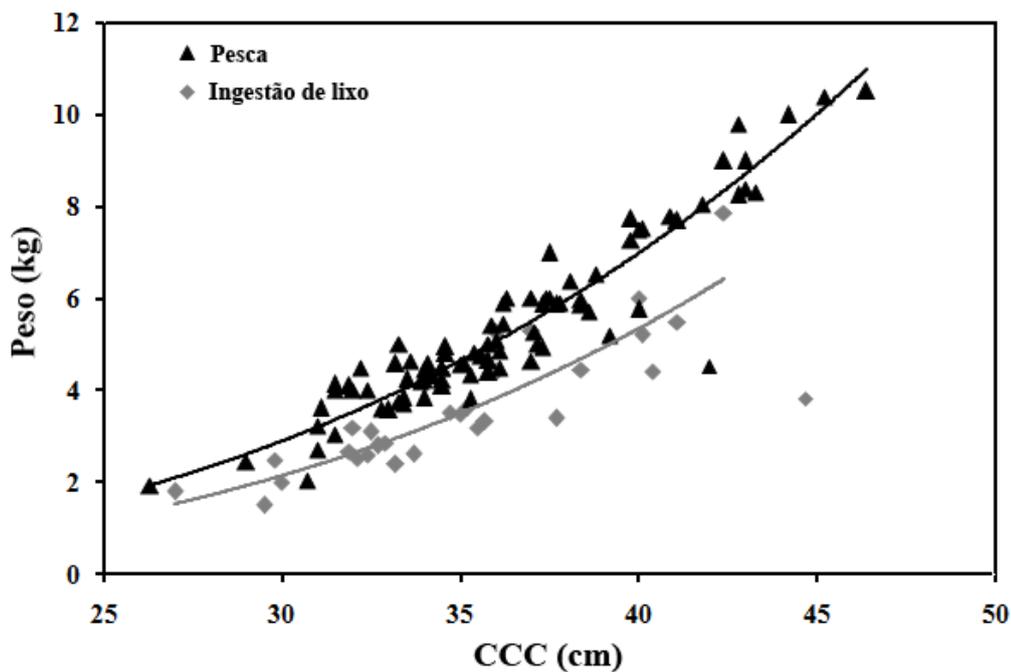


Figura 2.2 – Relação peso-comprimento de indivíduos de tartaruga verde, *Chelonia mydas*, com condição corporal normal que morreram em decorrência de atividade pesqueira (▲) e indivíduos que morreram em decorrência da ingestão de lixo (◆).

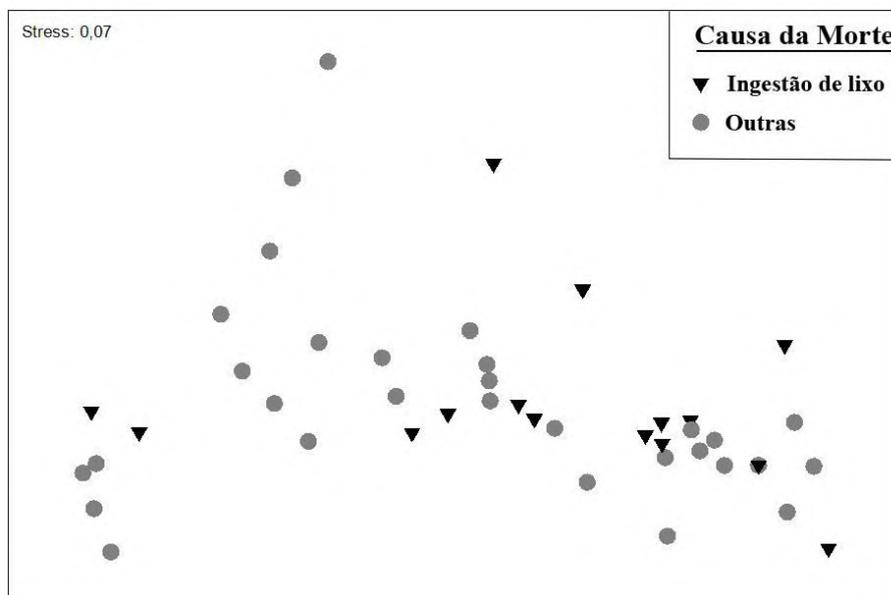


Figura 2.3 – Escalonamento multidimensional (MDS) ilustrando a similaridade entre a composição do lixo ingerido por tartarugas que morreram em decorrência da ingestão de lixo (▼) e aquelas que tiveram outras causas de morte (●).

O plástico foi o principal material de origem antropogênica encontrado no trato digestivo das tartarugas verdes, estando presente em 89,2% das tartarugas que ingeriram lixo

e representando 68,6% do peso total de lixo. Plástico e nylon/corda foram os principais materiais encontrados em todas as localidades (Figura 2.4). Encontramos também 163 “pellets” plásticos, distribuídos em 11 indivíduos, que contribuíram com menos de 1% do peso total do lixo encontrado. Resíduos de origem natural, como fragmentos de madeira e penas também foram encontrados, porém, em pequenas quantidades (Figura 2.4). 87,8% de todos os itens encontrados foram considerados de origem terrestre (Figura 2.5). Todos os itens considerados como de origem marinha, descartados diretamente no mar, tiveram seu uso original relacionado com atividades de pesca. De todos os itens terrestres foi possível identificar o uso original de 2,8% dos itens. A maior parte dos itens terrestres estava relacionada a atividades ligadas à alimentação (Figura 2.5). Os itens relacionados à alimentação foram divididos em dois grupos principais: produtos descartáveis (copos plásticos e canudos) e embalagens de doces e de refrigerantes (Apêndice 2.2). Sacolas plásticas fragmentadas são difíceis de serem diferenciadas de outros fragmentos de plástico flexível. No entanto, encontramos uma grande quantidade de uma parte específica da sacola plástica ainda não fragmentada, a parte central destacável das sacolas (Apêndice 2.3). Este fato sugere que as sacolas plásticas provavelmente possuem uma participação muito significativa na composição do lixo ingerido, principalmente porque a maior parte do plástico flexível não identificado, que representa 41% de todos os itens ingeridos, se assemelha muito a sacolas plásticas (Apêndice 2.4).

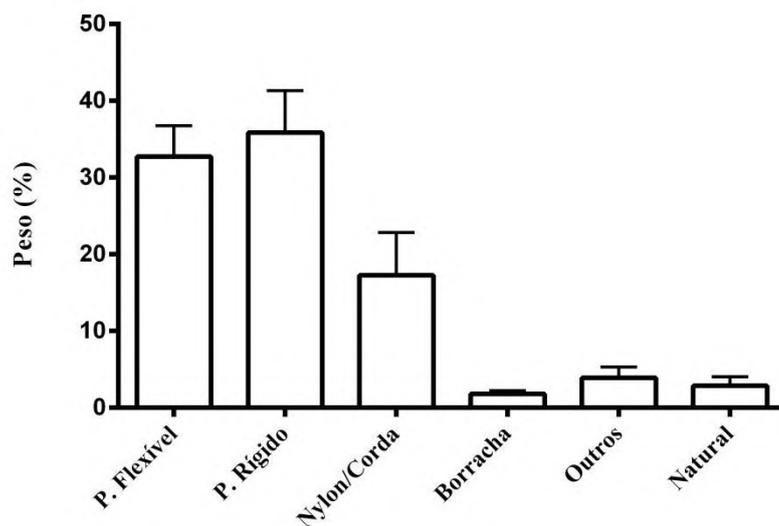


Figura 2.4 – Peso relativo médio e erro padrão, dividido por material, do lixo ingerido pelas tartarugas verdes, *Chelonia mydas*.

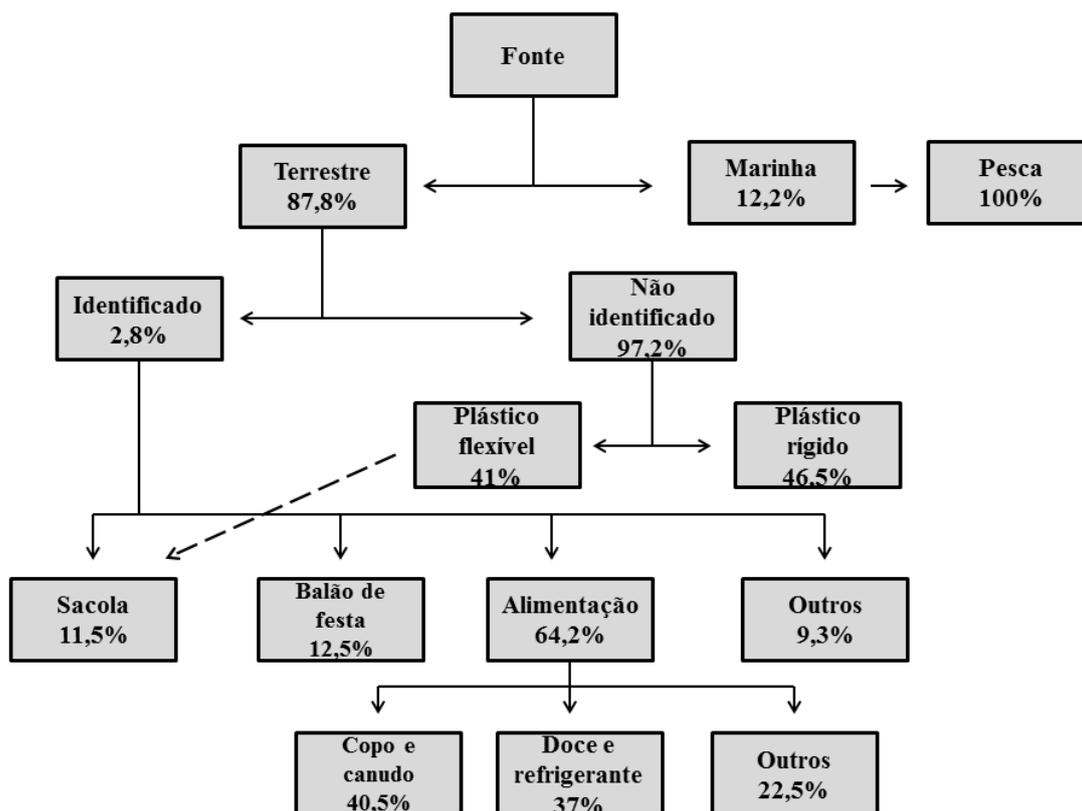


Figura 2.5 – Figura esquemática das fontes e uso original do lixo ingerido pelas tartarugas verdes, *Chelonia mydas*. A seta tracejada indica o provável uso original dos fragmentos de plástico flexível não identificados.

## 2.4 DISCUSSÃO

Os resultados apresentados neste trabalho corroboram o fato já bem estabelecido de que o impacto da ingestão de lixo por tartarugas marinhas está amplamente disseminado (Schuyler *et al.*, 2014). Além disso, nossos dados permitiram demonstrar que uma pequena quantidade de lixo é suficiente para causar a morte de uma tartaruga. Ademais, demonstramos também que a morte decorrente da ingestão de lixo deriva de um processo crônico. Quando somamos estes dois fatos, nós mostramos que a letalidade potencial da ingestão de lixo provavelmente está sendo mascarada por outras causas de morte decorrentes de processos mais rápidos. A análise dos itens ingeridos pelas tartarugas mostrou que o plástico é o principal componente não alimentar encontrado, e no que se refere ao uso original dos itens, nós mostramos também que uma quantidade expressiva do material ingerido provavelmente tem sua origem em sacolas plásticas e produtos relacionados à alimentação.

## **Ingestão de lixo e mortalidade**

A ingestão de lixo é uma ameaça às tartarugas marinhas em todos os estágios do seu ciclo de vida (e.g. Mrosovsky *et al.*, 2009; Schuyler *et al.*, 2012; Witherington *et al.*, 2012). Além disso, a ingestão de lixo por tartarugas verdes tem aumentado (Schuyler *et al.*, 2014). Nossos resultados mostraram que a mortalidade causada pela ingestão de lixo foi geralmente baixa na maioria das localidades, variando de 0 a 29%, o que está de acordo com os poucos estudos que estimaram a mortalidade causada pela ingestão de lixo (cerca de 4%, Schuyler *et al.*, 2014). As atividades pesqueiras são consideradas o principal fator responsável pelo declínio das populações de muitas espécies marinhas (Jackson *et al.*, 2001), especialmente as tartarugas marinhas (Lutcavage *et al.*, 1997), o que está de acordo com os nossos achados. Por outro lado, nós mostramos que a ingestão de apenas 0,5 g de plástico foi suficiente para obstruir o trato gastrointestinal e causar a morte de um juvenil de tartaruga verde, o que representou cerca de um quarto da quantidade inicialmente encontrada por Bjorndal e colaboradores (1994). Quando colocamos este valor em perspectiva, nós encontramos que esta quantidade de lixo representa cerca de um décimo do peso de uma sacola plástica típica, que pesa entre 4 e 5 g. As análises mostraram também, que a obstrução do trato gastrointestinal por pequenas quantidades de lixo não é uma exceção, porque mais de 40% dos animais que morreram em decorrência da ingestão de lixo tiveram seu trato gastrointestinal obstruído por quantidades inferiores a dois gramas de lixo. Quando levamos em consideração que pequenas quantidades de lixo são suficientes para causar a morte de uma tartaruga, que a morte por ingestão de lixo é um processo crônico e que grande parte das mortes atualmente são causadas por atividades pesqueiras, chegamos à conclusão que o potencial de letalidade da ingestão de lixo pode ser muito maior do que a mortalidade observada. O levado impacto das atividades pesqueiras sobre as tartarugas verdes e a rapidez da morte causada em decorrência destas atividades provavelmente está mascarando a real ameaça imposta pela ingestão de lixo. Nós acreditamos que o fato de que a morte causada pela ingestão de lixo possivelmente está sendo mascarada pode levar a uma subestimação do real problema da ingestão de lixo, o que conseqüentemente minar os resultados dos esforços de manejo e conservação feitos hoje. Tendo em vista que limpar os habitats costeiros e oceânicos é uma tarefa atualmente extremamente difícil e que os resíduos depositados nos ambientes marinhos não respeitam fronteiras, pois seu principal componente é o plástico, um material durável e com elevada capacidade de dispersão (Derraik, 2002).

Apesar de resíduos plásticos estarem distribuídos por todos os oceanos de polo a polo, até mesmo nas ilhas mais remotas, a distribuição dos itens não é uniforme (Barnes, 2002). Isto se deve a diferentes fatores, como condição locais de vento e maré, geografia da costa e proximidade dos pontos de entrada de lixo no ambiente marinho (Barnes *et al.*, 2009; Derraik, 2002). Nossos resultados mostraram que tartarugas das áreas estuarinas e do recife localizado mais ao sul estão mais ameaçadas que as tartarugas das outras áreas. O maior risco de ingestão de lixo por tartarugas dos recifes mais ao sul provavelmente está relacionado com a estratégia alimentar dos indivíduos nesta localidade. A dieta das tartarugas desta área apresenta uma maior participação de itens pelágicos (e.g. ctenóforos, Reisser *et al.*, 2013) do que aquela de tartarugas de outras áreas recifais (capítulo 1), o que pode favorecer o encontro destas tartarugas com o plástico flutuante. A maior ocorrência da ingestão de lixo e subsequentemente maior mortalidade nas áreas estuarinas provavelmente se deve ao fato de que os rios são uma das mais importantes áreas de entrada de lixo nos ambientes marinhos (Barnes *et al.*, 2009). Desta maneira, animais das áreas estuarinas estariam expostos a maiores quantidades de lixo. Uma explicação similar se aplica a maior ingestão de lixo no recife urbano quando comparado aos recifes adjacentes, porque as cidades são uma das principais fontes produtoras de lixo e, conseqüentemente, suas áreas costeiras também são um importante ponto de entrada (Barnes *et al.*, 2009). É necessário compreendermos a origem do lixo para que possamos tomar medidas que previnam a sua produção e entrada no ambiente.

### **Fonte e uso original do lixo**

Resíduos plásticos de origem terrestre representaram a maior parte do lixo ingerido pelas tartarugas neste estudo, o que está de acordo com o que foi encontrado pela maioria dos estudos feitos com tartarugas marinhas (Schuyler *et al.*, 2014) e com outras espécies (Ryan, 1987; Stephanis *et al.*, 2013). No entanto, itens relacionados a atividades pesqueiras também tiveram uma contribuição importante na composição dos resíduos ingeridos pelas tartarugas, representando cerca de 12% de todos os itens. Desta forma, fica claro que as atividades pesqueiras provocam um grande impacto sobre as tartarugas marinhas, primeiramente por causar a morte direta de indivíduos através da captura incidental, e adicionalmente por contribuir com parte significativa dos resíduos ingeridos pelas tartarugas. Não foi possível identificar o uso original da maior parte dos fragmentos de plástico rígido encontrados. A maioria deles parecia estar no ambiente há muito tempo, devido ao desgaste e aspereza dos fragmentos, e provavelmente foi originado através da fragmentação de produtos duráveis.

Conhecer a fonte do lixo ingerido pelas tartarugas é crucial para os esforços de minimizar os problemas derivados da ingestão destes resíduos. Os produtos cuja fonte foi identificada como sendo terrestre, podem ter sido depositados diretamente nas praias ou carregados pelo vento e pela chuva, visto que sua leveza possibilita que percorram grandes distâncias a partir de sua fonte original, especialmente os plásticos flexíveis. A avaliação do uso original dos itens terrestres mostrou que sacolas plásticas, itens descartáveis (copos e canudos) e embalagens de alimentos (doces e refrigerantes) são fontes importantes do lixo ingerido pelos animais. O uso do plástico nestes produtos é provavelmente o uso mais insustentável e supérfluo deste material, diferentemente das outras possíveis aplicações com real benefício social de outros produtos plásticos, como bens duráveis e equipamentos médicos (Andrady & Neal, 2009). As sacolas plásticas são talvez o maior símbolo do uso insustentável do plástico, e estas foram consideradas um dos tipos de resíduos plásticos mais perigosos para a fauna marinha já na década de 1980 (Laist, 1987). Apesar disto, o uso de sacolas plásticas é frequente no dia-a-dia de maioria das cidades do mundo, muito embora alternativas eficientes e de baixo custo, como sacolas reutilizáveis, estejam disponíveis.

### **Considerações finais**

Neste trabalho nós mostramos que a ingestão de lixo, um problema já reconhecido como uma das maiores ameaças para a conservação das tartarugas marinhas (Hamann *et al.*, 2010), pode ser um problema ainda maior que o pensado. Nossos resultados servem também como um alerta para outras espécies marinhas que também são afetadas pela ingestão de lixo, como aves e mamíferos marinhos. Neste estudo nós avaliamos apenas a mortalidade direta causada pela ingestão de lixo, mas o problema não é restrito a mortalidade. Impactos subletais, como a redução da absorção de nutrientes, podem levar a prejuízos em longo prazo, como por exemplo, a redução das taxas de crescimento, de reprodução e de sobrevivência (McCauley & Bjorndal, 1999). Além disso, as tartarugas podem ser expostas a elevados níveis de produtos químicos nocivos que estão presentes nos plásticos ou são absorvidos por estes, como os contaminantes orgânicos (e.g. PCBs, hidrocarboneto de petróleo e pesticidas organoclorados), que podem causar disfunções fisiológicas e prejuízos ao sistema imune (Rochman *et al.*, 2013; Teuten *et al.*, 2009). A consequência destas ameaças secundárias ainda precisa ser mais bem entendida.

O uso insustentável do plástico tem um impacto direto sobre os seres humanos, não apenas através da ameaça a espécies ecologicamente e economicamente importantes, mas

também devido a grande quantidade de recursos que é consumida. Cerca de 8% de todo o óleo e gás é consumido na produção de plástico (Hopewell *et al.*, 2009) e o manejo de resíduos sólidos é atualmente um dos maiores custos das cidades (Hoorngweng *et al.*, 2013). Durante os últimos 30 anos, muitos estudos reportaram as ameaças do uso indiscriminado do plástico para o meio ambiente e fizeram uma série de recomendações de como lidar com o problema (e.g. Laist, 1987; STAP, 2011; Thompson *et al.*, 2009; UNEP, 2005). Rochman e colaboradores (2013) sugeriram que nós já temos razões suficientes para classificar a maioria dos resíduos plásticos como perigosos, e que esta medida também ajudará a controlar a produção de plástico assim como dar poder às agências ambientais para recuperar os habitats afetados e prevenir mais acumulação de lixo. O problema e as suas possíveis soluções são amplamente conhecidos, e nosso estudo reforça que os resíduos plásticos são um problema atual e não apenas do futuro. Toda a informação produzida até agora deixa claro que o nosso uso do plástico em produtos de vida curta e descartáveis é insustentável. A contaminação do ambiente marinho por lixo é um problema importante com consequências duradouras para os ecossistemas marinhos e seres humanos, mas o que é mais preocupante é que a ampla distribuição do lixo no ambiente marinho é apenas a ponta de um problema maior, pois a crescente produção de lixo deriva do consumo insustentável de recursos naturais.

## 2.5 REFERÊNCIAS

- Andrady, A. L., & Neal, M. A. (2009). Applications and societal benefits of plastics. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 1977–1984.
- Barnes, D. K. (2002). Biodiversity: invasions by marine life on plastic debris. *Nature*, 416, 808–809.
- Barnes, D. K. A., Galgani, F., Thompson, R. C., & Barlaz, M. (2009). Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 1985–1998.
- Bjorndal, K. A., Bolten, A. B., & Lagueux, C. J. (1994). Ingestion of marine debris by juvenile sea turtles in coastal Florida habitats. *Marine Pollution Bulletin*, 28(3), 154–158.
- Derraik, J. G. B. (2002). The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. *Marine pollution bulletin*, 44(9), 842–52.
- Gregory, M. R. (2009). Environmental implications of plastic debris in marine settings--entanglement, ingestion, smothering, hangers-on, hitch-hiking and alien invasions. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 2013–2025

- Hamann, M., Godfrey, M. H., Seminoff, J. A., Arthur, K., Barata, P. C. R., Bjorndal, K. A., Bolten, A. B., Broderick, A. C., Campbell, L. M., Carreras, C., Casale, P., Chaloupka, M., Chan, S. K. F., Coyne, M. S., Crowder, L. B., Diez, C. E., Dutton, P. H., Epperly, S. P., FitzSimmons, N. N., Formia, A., Girondot, M., Hays, G. C., I-Jiunn, C., Kaska, J., Lewison, R., Mortimer, J. A., Nichols, W. J., Reina, R. D., Shanker, K., Spotila, J. R., Tomás J., Wallace, B. P., Work, T. M., Zbiden, J., & Godley, B.J. (2010). Global research priorities for sea turtles: informing management and conservation in the 21st century. *Endangered Species Research*, 11(3), 245–269.
- Hoornweng, D., Bhada-Tata, P., & Kennedy, C. (2013). Waste production must peak this century. *Nature*, 502, 615–617.
- Hopewell, J., Dvorak, R., & Kosior, E. (2009). Plastics recycling: challenges and opportunities. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, 364(1526), 2115–26.
- Jackson, J. B., Kirby, M. X., Berger, W. H., Bjorndal, K. A., Botsford, L. W., Bourque, B. J., Bradbury, R. H., Cooke, R., Erlandson, J., Estes, J. A., Hughes, T. P., Kidwell, S., Lange, C. B., Lenihan, H. S., Pandolfi, J. M., Peterson, C. H., Steneck, R. S., Tegner, M. J., & Warner, R. R. (2001). Historical overfishing and the recent collapse of coastal ecosystems. *Science*, 293(5530), 629–637.
- Laist, D. (1997). Impacts of marine debris: entanglement of marine life in marine debris including a comprehensive list of species with entanglement and ingestion records. In J. Coe & D. Rogers (Eds.), *Marine Debris SE - 10*, 99–139. Springer New York.
- Laist, D. W. (1987). Overview of the biological effects of lost and discarded plastic debris in the marine environment. *Marine pollution bulletin*, 18(68), 319–326.
- Lutcavage, M. E., Ploktin, P., Witherington, B. E., & Lutz, P. L. (1997). Human impacts on sea turtle survival. In: P. L. Lutz & J. A. Musick (Eds.), *The biology of sea turtles*, 387–410. Boca Raton, Florida: CRC Press.
- McCauley, S. J., & Bjorndal, K. A. (1999). Conservation implications of dietary dilution from debris ingestion: sublethal effects in post-hatchling loggerhead sea turtles. *Conservation Biology*, 13(4), 925–929.
- Mrosovsky, N., Ryan, G. D., & James, M. C. (2009). Leatherback turtles: the menace of plastic. *Marine Pollution Bulletin*, 58(2), 287–289.
- 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. *Marine Biology*, 160: 3169-3179.
- Rochman, C. M., Browne, M. A., Halpern, B. S., Hentschel, B. T., Hoh, E., Karapanagioti, H. K., Rios-Mendoza, L., Takada, H., The, S., & Thompson, R. C. (2013). Policy: classify plastic waste as hazardous. *Nature*, 494(7436), 169–71.
- Ryan, P. G. (1987). The incidence and characteristics of plastic particles ingested by seabirds. *Marine Environmental Research*, 23(3), 175–206.

- Ryan, P. G., & Moloney, C. L. (1993). Marine litter keeps increasing. *Nature*, 361, 23.
- Schuyler, Q., Hardesty, B. D., Wilcox, C., & Townsend, K. (2012). To eat or not to eat? Debris selectivity by marine turtles. *PloS one*, 7(7), e40884.
- Schuyler, Q., Hardesty, B. D., Wilcox, C., & Townsend, K. (2014). Global analysis of anthropogenic debris ingestion by sea turtles. *Conservation biology*, 28(1), 129-139.
- STAP. (2011). Marine debris as a global environmental problem: introducing a solutions based framework focused on plastic. Washington, DC: A STAP information document. Global environment facility.
- Stephanis, R. De, Giménez, J., Carpinelli, E., Gutierrez-exposito, C., & Cañadas, A. (2013). As main meal for sperm whales : Plastics debris. *Marine Pollution Bulletin*, 69(1-2), 206–214.
- Teuten, E. L., Saquing, J. M., Knappe, D. R. U., Barlaz, M. A., Jonsson, S., Bj+Ârn, A., Rowland, S. J., Thompson, R. C., Galloway, T. S., Yamashita, R., Ochi, D., Watanuki, Y., Moore, C., Viet, P. H., Tana, T. S., Prudente, M., Boonyatumanond, R., Zakaria, M. P., Akkavong, K., Ogata, Y., Hirai, H., Iwasa, S., Mizukawa, K., Hagino, Y., Imamura, A., Saha, M., & Takada, H. (2009). Transport and release of chemicals from plastics to the environment and to wildlife. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 2027–2045.
- Thompson, R. C., Moore, C. J., Vom Saal, F. S., & Swan, S. H. (2009). Plastics, the environment and human health: current consensus and future trends. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 2153–2166.
- Thompson, R. C., Swan, S. H., Moore, C. J., & Vom Saal, F. S. (2009). Our plastic age. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 1973–1976.
- UNEP. (2005). Marine litter, an analytical overview. Nairobi, Kenya: United Nations Environment Programme.
- Walsh, M. (1999). Rehabilitation of sea turtles. In: K. L. Eckert, K. A. Bjorndal, F. A. Abreu-Grobois, & M. Donnelly, (Eds.), *Research and management techniques for the conservation of sea turtles*, 202–207. IUCN/SSC Marine Turtles Specialist Group.
- Witherington, B., Hiram, S., & Hardy, R. (2012). Young sea turtles of the pelagic Sargassum-dominated drift community: habitat use, population density, and threats. *Marine Ecology Progress Series*, 463, 1–22.
- Wyneken, J. (2001). The anatomy of sea turtles. (U. S. D. of C. N. T. M. NMFS-SEFSC-470, Ed.), 1–172.

## 2.6 APÊNDICES

Apêndice 2.1 – Menor quantidade de lixo ingerida (0,5 g) que foi suficiente para causar a morte de um indivíduo de tartaruga verde, *Chelonia mydas*.



Apêndice 2.2 – Figura mostrando exemplos do lixo ingerido por tartarugas verdes, *Chelonia mydas*, que foi indentificado como sendo relativo à alimentação. A – canudo; B – rótulo de refrigerante; C – palito de pirulito.



Apêndice 2.3 – Parte central da sacola plástica que foi ingerida por um indivíduo de tartaruga verde, *Chelonia mydas*.



2 cm

Apêndice 2.4 – Fragmentos de plástico flexível ingeridos por tartarugas verdes, *Chelonia mydas*, que foram classificado como não identificados, porém se assemelham muito a sacolas plásticas.



**Capítulo 3 – Por que os animais marinhos ingerem lixo? Uma  
avaliação dos fatores envolvidos na ingestão de lixo.**

### 3.1 INTRODUÇÃO

O plástico é um material muito popular utilizado das mais variadas formas pela sociedade moderna. O seu amplo uso se deve a sua versatilidade, que emerge da combinação das suas principais características: leveza, força, durabilidade, resistência à corrosão, alto isolamento térmico e elétrico, e, uma das suas características mais importantes, o relativo baixo custo de produção (Derraik, 2002; Thompson *et al.*, 2009). Apesar de atualmente sermos altamente dependentes do plástico, sua produção em massa só teve início a partir da década de 1940, quando a produção global era menor que um milhão de toneladas por ano (Thompson *et al.*, 2009). A produção global de plástico tem crescido rapidamente. Em 2011, foi em torno de 280 milhões de toneladas e com expectativa de crescimento nos próximos anos (Plastic Europa, 2012). A quantidade de plástico produzida nos primeiros 10 anos deste século já se aproxima da quantidade total de plástico produzido no século passado inteiro (Thompson *et al.*, 2009). Atualmente, apesar de o plástico ser um material muito leve, é estimado que 10% de toda a massa de lixo produzido nas cidades é composta por resíduos plásticos (Barnes *et al.*, 2009).

A ameaça que os resíduos plásticos impõem aos ambientes marinhos foi inicialmente ignorada. Considerava-se que estes resíduos não provocariam nenhum dano ao ambiente, causando apenas um impacto visual negativo (Derraik, 2002). Resíduos plásticos flutuando nos oceanos têm sido reportados desde a década de 1970. Até a década de 1990, houve um crescimento exponencial do acúmulo de plástico nos oceanos (Ryan & Moloney, 1993), e hoje estes resíduos estão espalhados por todos os oceanos, podendo ser encontrados até nas ilhas mais remotas (Barnes *et al.*, 2009; Ryan *et al.*, 2009; Thompson *et al.*, 2009). Atualmente, o impacto dos resíduos plásticos nos ambientes marinhos é amplamente reconhecido, e estima-se que o plástico represente entre 60% e 80% de todo o resíduo antropogênico encontrado nos ambientes marinhos. Porém a distribuição do plástico nos ambientes marinhos é desigual, devido a diferentes fatores, como os ventos e as correntes locais, a geografia da costa e a proximidade das fontes produtoras e de entrada destes resíduos no ambiente marinho (Barnes *et al.*, 2009; Derraik, 2002). A alta prevalência do plástico no ambiente marinho está relacionada à sua durabilidade, à sua elevada capacidade de dispersão e a seu uso indiscriminado em produtos de vida curta e descartáveis.

Os resíduos plásticos têm um amplo impacto sobre os animais marinhos, representando uma ameaça à vida de mais de 250 espécies, atingindo desde pequenos invertebrados até baleias (Goldstein & Goodwin, 2013; Laist 1997). Os resíduos plásticos

podem causar grande impacto devido à sua ingestão ou emalhe, além de servir como transportadores de contaminantes marinhos para as cadeias alimentares (Teuten *et al.*, 2009) e também como meios de transporte para espécies invasoras (Barnes, 2002). As ameaças impostas pelos resíduos plásticos aos ambientes marinhos são crônicas, de modo que provavelmente persistirão por muitas décadas, em função da durabilidade deste material, da tendência de aumento de sua produção e da dispersão do plástico no ambiente.

A quantidade de estudos sobre as ameaças dos resíduos plásticos para a fauna marinha tem crescido, e a principal ameaça reportada na literatura é referente à ingestão destes resíduos (Laist, 1997). Os efeitos da ingestão de resíduos plásticos variam de subletais, afetando a absorção de nutrientes e conseqüentemente as taxas de crescimento e de reprodução em longo prazo (Derraik, 2002; McCauley & Bjorndal, 1999; Ryan, 1987), até a morte direta, geralmente causada pela obstrução do trato digestivo (Bjorndal *et al.*, 1994; Gregory, 2009). A variedade de táxons afetados pela ingestão de lixo chama a atenção, porque a ingestão destes resíduos não está restrita a grupos tróficos específicos, estratégias de forrageamento ou regiões geográficas. A ingestão de resíduos antropogênicos, principalmente plástico, está amplamente distribuída, sendo reportada desde herbívoros que se alimentam sobre a comunidade bentônica costeira, como a tartaruga verde (*Chelonia mydas*) (Schuyler *et al.*, 2014) até predadores oceânicos pelágicos, como algumas baleias e tubarões (Cliff *et al.*, 2002; Stephanis *et al.*, 2013), passando por muitas espécies de aves marinhas com as mais diferentes estratégias de forrageamento (Ryan, 1987). Apesar desta ampla ingestão de lixo por diferentes espécies marinhas, a frequência de ocorrência de ingestão varia enormemente entre áreas mesmo considerando o mesmo táxon (e.g. Schuyler *et al.*, 2014), e a quantidade de material ingerido varia em muitas ordens de grandeza entre indivíduos da mesma espécie que habitam as mesmas áreas (Bjorndal *et al.*, 1994). A aparente ausência de um padrão na ingestão de lixo é intrigante, e apesar da abundante literatura relacionada à ingestão de lixo, apenas poucos trabalhos tentaram entender os fatores envolvidos na ingestão destes resíduos (e.g. Ryan, 1987; Schuyler *et al.*, 2012). A hipótese comumente levantada para explicar a ingestão de lixo é que por vezes o material ingerido se assemelha a uma presa específica, como por exemplo, águas-vivas para as tartarugas marinhas (Mrosovsky, 1981; Schuyler *et al.*, 2012). No entanto, esta explicação muitas vezes não é coerente como a grande variedade de resíduos encontrados em um mesmo indivíduo, e também por vezes não é coerente com os itens alimentares das espécies estudadas.

Uma revisão da literatura mostra que espécies e populações ameaçadas pela ingestão de lixo variam em grupos tróficos, estratégias de forrageamento e/ou áreas de alimentação. Desta maneira, é necessário desenvolver uma estrutura conceitual que ajude a explicar esta variação encontrada na ingestão de lixo, para que possamos fazer previsões que nos ajudarão a escolher as melhores estratégias de manejo e conservação (Young *et al.*, 2009). Para sabermos quais espécies ou populações estarão mais sujeitas a ingestão de lixo, é necessário que tenhamos informações também sobre a ecologia alimentar dos organismos. Para entendermos os fatores envolvidos na ingestão de lixo por animais marinhos, nós usamos informações da literatura e dados originais sobre a ecologia trófica e ingestão de lixo de espécies de peixes, aves marinhas e da tartaruga verde. Neste trabalho nós apresentamos uma lista atualizada das espécies marinhas para as quais já foi reportada a ingestão de lixo, e também apresentamos fatores que acreditamos que são importantes para entendermos e sermos capazes de prever a ingestão de lixo por espécies marinhas. Nós também mostramos que a ingestão de lixo é possivelmente o resultado de uma armadilha evolutiva mais ampla e que não devemos considerar apenas como uma questão relevante para a conservação de algumas espécies, mas sim como um problema maior que afeta a cadeia alimentar como um todo.

### **3.2 MATERIAL E MÉTODOS**

Para avaliar a diversidade e o número de táxons que são afetados pela ingestão de lixo nós usamos como referência a lista compilada por Laist (1997). Com o objetivo de expandir esta lista e buscar informações que nos permitissem entender os fatores relacionados com a ingestão de lixo, nós revisamos a literatura buscando por relatos de ingestão de lixo que foram publicados após 1997.

Para avaliar os fatores envolvidos na ingestão de lixo por animais marinhos, nós usamos dados provenientes da literatura e dados originais de três grupos de animais: peixes, aves marinhas e tartarugas marinhas (Tabela 3.1). Os dados referentes a peixes e aves marinhas foram retirados da literatura, enquanto as análises sobre as tartarugas verdes foram realizadas utilizando uma base de dados original. A fim de reduzir a influência de outras variáveis em nossas análises, principalmente as relativas às diferenças na abundância de lixo no ambiente, nós escolhemos estudos em que os indivíduos foram coletados na mesma localidade. Em nossas análises foram utilizados apenas espécies em que pelo menos 10 indivíduos foram avaliados.

Tabela 3.1 – Variáveis envolvidas na ingestão de lixo, grupos utilizados para testar as variáveis e fonte dos dados utilizados nas análises.

Variáveis envolvidas na ingestão de lixo	Grupo	Fonte dos dados
Disponibilidade de lixo no ambiente	Tartarugas marinhas	Dado original
Estratégia de forrageamento	Aves marinhas	Ryan (1987); Robards <i>et al.</i> (1995)
	Tartarugas marinhas	Dado original
Detecção do lixo (cor)	Tartarugas marinhas	Dado original
Dieta (generalistas e especialistas)	Peixes	Dantas <i>et al.</i> (2012); Possatto <i>et al.</i> (2012); Ramos <i>et al.</i> (2012)
	Aves marinhas	Ryan (1987)
	Tartarugas marinhas	Dado original

Nós consideramos que a tartaruga verde serviria como um bom modelo devido à sua plasticidade alimentar (Bjorndal, 1997; Carman *et al.*, 2014; Nagaoka *et al.*, 2012), o que nos permitiu isolar a influência das diferenças na estratégia de forrageamento na ingestão de lixo de outras variáveis relativas à história evolutiva da espécie, como por exemplo preferências espécie-específicas ou imagens de busca, que normalmente estão presentes quando comparamos diferentes espécies.

### Disponibilidade do lixo e sua ingestão

A influência da disponibilidade de lixo sobre sua ingestão foi testada utilizando os dados provenientes das tartarugas marinhas e da abundância de lixo em suas áreas de alimentação, levando em consideração o comportamento alimentar das tartarugas para evitar qualquer viés nas análises. Para isso nós coletamos tartarugas verdes encontradas encalhadas mortas entre 2010 e 2012 em três áreas ao longo da costa do Espírito Santo, sudeste do Brasil, uma área estuarina (Regência, ES; 19°39' S, 39°49' W) e duas recifais, um recife situado em uma região pouco urbanizada (Fundão, ES; 20°00' S, 40°08' W) e outro situado em uma região altamente urbanizada (Vitória, ES; 20°18' S, 40°17' W). A coleta se deu através do monitoramento intensivo do litoral executado pelas equipes do TAMAR/ICMBio e CTA – Serviços em meio ambiente. Todas as tartarugas coletadas foram pesadas, medidas (comprimento curvo de casco – CCC) e necropsiadas por um veterinário especializado. Para avaliar a ingestão de lixo nós coletamos todo o trato digestivo dos animais. O lixo encontrado foi lavado e seco em estufa a 60°C por 72 horas, e posteriormente pesado (0,01 g), contado e classificado de acordo com material e cor.

Para estimar a disponibilidade de resíduos antropogênicos para as tartarugas nós amostramos a praia imediatamente em frente às áreas de alimentação. As áreas de forrageamento estudadas localizam-se muito próximas à costa, desta maneira, nós acreditamos que a amostragem na praia pode ser usada para acessar a disponibilidade de lixo presente na água. Amostragens em praias são frequentemente consideradas com a forma mais simples e com melhor custo-benefício para se investigar os padrões de distribuição e abundância do lixo no ambiente marinho (Dixon & Dixon, 1981; Ryan *et al.*, 2009), e são consideradas como um método que provê uma representação razoável da disponibilidade de lixo no mar (Schuyler *et al.*, 2012). Para quantificarmos o lixo presente nas praias nós contamos o número de itens encontrados ao longo de transectos que começavam na linha da maré e terminavam no começo da vegetação presente na praia. A largura dos transectos variou de acordo com a praia. A densidade de lixo na praia foi calculada dividindo o número de itens encontrados pela área amostrada. A área amostrada foi determinada através do somatório de da área amostrada em todos os transects (comprimento x largura). Todos os itens encontrados foram categorizados por material (e.g. plástico flexível, plástico rígido, papel e metal) e cor. Para testar a diferença na densidade de itens entre as áreas nós usamos o teste de Kruskal-Wallis. Análise de similaridade (ANOSIM) foi utilizada para testar a diferença entre a composição relativa do lixo encontrado nas três diferentes áreas de estudo, tanto em relação ao material quanto em relação à cor dos itens.

Para testarmos se a quantidade de lixo ingerida por um indivíduo está relacionada com disponibilidade do lixo no ambiente, nós usamos o teste Mann Whitney-*U* para comparar a quantidade de lixo ingerida por tartarugas verdes em duas áreas recifais com diferentes abundâncias de lixo. Para evitar viés nós não utilizamos a região estuarina nesta análise devido a diferenças na estratégia de forrageamento das tartarugas entre as áreas recifais e estuarina. Neste teste nós utilizamos apenas os dados das tartarugas que ingeriram lixo.

### **Estratégia de forrageamento, amplitude da dieta e ingestão de lixo**

Para avaliarmos a relação entre estratégia de forrageamento e ingestão de lixo nós usamos dados de aves marinhas extraídos da literatura e dados originais das tartarugas marinhas. A base de dados relativa às aves marinhas foi extraída de dois estudos, um conduzido nas águas da região sul do continente africano (Ryan, 1987) e outro conduzido na região subártica do Pacífico Norte (Robards *et al.*, 1995). Nós

dividimos as aves marinhas em dois grupos de estratégia de forrageamento, espécies que se alimentam na superfície e aquelas que mergulham para capturar seu alimento na coluna d'água. O teste de Mann Whitney-*U* foi utilizado para comparar a frequência de ingestão de lixo entre as espécies pertencentes às duas estratégias de forrageamento distintas. A lista das espécies utilizadas pode ser encontrada no Apêndice 3.1.

A relação entre a amplitude da dieta e a ingestão de lixo foi avaliada em dados extraídos da literatura de espécies de peixe e aves, além dos dados originais das tartarugas marinhas. A base de dados das aves marinhas foi extraída do estudo conduzido nas águas da região sul do continente africano (Ryan, 1987). A base de dados dos peixes foi extraída de três estudos conduzidos na mesma região estuarina, estuário de Goiana (7,5° S–34,5° W) localizado no nordeste do Brasil (Barletta & Blaber, 2007; Dantas *et al.*, 2012, 2013; Giarrizzo & Saint-Paul, 2008; Menezes & Figueiredo, 1980; Possato *et al.*, 2011; Ramos *et al.*, 2012). Para esta avaliação as espécies de aves e peixes foram divididas em dois grupos com diferentes amplitudes de dieta, um grupo considerado de dieta ampla e outro com dieta restrita. Foi definida como dieta ampla aquela em que diferentes grupos animais foram utilizados como itens alimentares (e.g. crustáceos, peixes e cefalópodes), enquanto a dieta restrita, como aquela em que os animais se alimentam majoritariamente apenas de um grupo animal (e.g. crustáceos). O teste Mann Whitney-*U* foi utilizado para comparar a frequência de ingestão de lixo entre as espécies que exibiam dieta ampla e aquelas de dieta restrita. A lista das espécies e referências utilizadas para classificá-las de acordo com a amplitude da dieta está apresentada no Apêndice 3.2.

A avaliação da relação entre a estratégia de forrageamento e amplitude da dieta com a ingestão de lixo para a tartaruga verde foi feita de forma conjunta, através de regressões múltiplas. Para avaliar a estratégia alimentar nós utilizamos o peso relativo dos itens classificados com flutuantes, e para avaliar a amplitude da dieta nós utilizamos o peso relativo dos itens considerados como tendo sido ingeridos de maneira oportunista. A estratégia de forrageamento das tartarugas foi inferida através dos itens alimentares encontrados no estômago e esôfago dos animais. Inicialmente os itens alimentares foram classificados de acordo com sua posição esperada na coluna d'água: itens de flutuabilidade positiva, que esperamos encontrar no meio da coluna d'água ou na superfície, compostos por folhas de plantas terrestres, pequenos fragmentos de madeira e *Sargassum* spp. com aerocistos (estruturas flutuantes); e itens de normalmente aderidos aos substrato com flutuabilidade neutra ou negativa, compostos

por espécies de algas bentônicas e grama marinha. A flutuabilidade do item foi determinada colocando estes em água. Para avaliar a amplitude da dieta nós usamos a participação relativa dos itens considerados de ingestão oportunista em relação àqueles considerados como sendo itens presente na dieta regular da espécie. Nós classificamos como itens de ingestão oportunista: peixes, invertebrados terrestres, sementes, plantas terrestres e fragmentos de madeira. Todas as algas e grama marinha foram classificadas como itens regulares. Para evitar influência do tamanho da tartaruga em seu comportamento alimentar ou ingestão de lixo, nós utilizamos apenas indivíduos pertencentes à classe de tamanho 30-45 cm de CCC. Todos os itens alimentares foram identificados e pesados (0,01 g).

Para representar a ingestão de lixo nós utilizamos a raiz quarta do número de itens encontrados em cada indivíduo. A metodologia para avaliar a ingestão de lixo pelas tartarugas marinhas foi a mesma descrita no capítulo anterior. Para evitar qualquer viés devido à correlação entre variáveis, como disponibilidade de lixo e estratégia de forrageamento, nós utilizamos animais de apenas uma localidade, o recife altamente urbanizado (Vitória, ES; 20°18' S, 40°17' W).

### **Cores dos fragmentos plásticos e sua ingestão**

Nós avaliamos a existência de seletividade relacionada às cores dos fragmentos plásticos ingeridos pelas tartarugas marinhas. Para isso nós comparamos a participação relativa das cores ingeridas pelas tartarugas com aquelas disponíveis no ambiente. Para avaliação da disponibilidade das cores de lixo no ambiente, nós utilizamos os dados de densidade de lixo nas praias. Nesta análise de seletividade nós utilizamos apenas fragmentos de plástico, em função de sua dominância no ambiente. Para evitar qualquer viés relacionado à preferencia por tipos específicos de plástico por parte da tartaruga, nós utilizamos apenas os plásticos flexíveis. Os itens de cor vermelha, laranja e amarela foram agrupados sobre a categoria VLA, porque o espectro de luz visível das tartarugas marinhas varia de 450 nm a 620 nm e, os itens do grupo VLA possuem comprimento de onda mais longo (560-700 nm), portanto, encontrando-se no extremo do espectro visível às tartarugas (Bartol & Musick, 2003).

A seletividade relativa à cor foi calculada utilizando o teste de Waller-Duncan para diferenças entre ranks em relação à seleção (Johnson, 1980). Este procedimento provê uma medida da relação entre a disponibilidade do componente no ambiente e a

utilização deste pelo animal, que é expresso através de valores de  $T_{bar}$  (diferença média entre os ranks).  $T_{bar} < 1$  indica que o componente foi selecionado,  $T_{bar} = 0$  indica que o componente foi consumido na mesma proporção de sua disponibilidade e  $T_{bar} > 1$  indica que o componente não foi selecionado. Porém, para prover uma representação gráfica mais intuitiva nos usamos valores de  $-T_{bar}$ . As análises foram conduzidas utilizando o Prefer 5.1: pacote estatístico de comparação de preferências (USGS Northern Prairie Research Center, Jamestown, North Dakota, EUA).

### **3.3 RESULTADOS**

A revisão da literatura sobre espécies marinhas afetadas pela ingestão de lixo adicionou 81 táxons na lista anteriormente compilada por Laist (1987), resultando em um incremento de 45,8% (Tabela 3.2). O maior incremento relativo ocorreu entre os peixes, com um acréscimo de 2,2 vezes no número de espécies afetadas. Também foram adicionados registros de ingestão de lixo por crustáceos, grupo que não tinha sido listado na compilação anterior. A lista completa das espécies encontra-se no Apêndice 3.3.

Tabela 3.2 – Número de espécies com ingestão de lixo documentada.

<b>Grupo</b>	<b>Laist (1997)</b>	<b>Novos registros</b>	<b>Referências</b>	<b>Total</b>
Tartarugas marinhas	6	0	-	<b>6</b>
Aves marinhas	111	28	Anderson <i>et al.</i> (2008); Barbieri (2009); Bond <i>et al.</i> (2010); Carey (2011); Brandão <i>et al.</i> (2011); Copello <i>et al.</i> (2008); Codina-García <i>et al.</i> (2013); Colabuono <i>et al.</i> (2009) Dierks (1990); Gray <i>et al.</i> (2012); Hong <i>et al.</i> (2013); Huin & Croxall (1996); Nel and Nel (1999); Noord (2013); Pierce <i>et al.</i> (2004); Verlis <i>et al.</i> (2013)	<b>139</b>
Mamíferos marinhos	26	10	Costa <i>et al.</i> (2012); Rebolledo <i>et al.</i> (2013); Simmonds (2012); Williams <i>et al.</i> (2011)	<b>36</b>
Peixes	33	40	Anastasopoulou <i>et al.</i> (2013); Boerger <i>et al.</i> (2010); Choy & Drazen (2013); Cliff <i>et al.</i> (2002); Foekema <i>et al.</i> (2013); Jackson <i>et al.</i> (2000); Lusher <i>et al.</i> (2013); Miranda & Carvalho-Souza (2011); Possatto <i>et al.</i> (2013); Ramos <i>et al.</i> (2012);	<b>73</b>
Crustáceos	0	3	Goldstein & Goodwin (2013); Murray & Cowie (2011)	<b>3</b>
Lulas	1	0	-	<b>1</b>
<b>Total</b>	<b>177</b>	<b>81</b>		<b>258</b>

### Disponibilidade do lixo e sua ingestão

A densidade de lixo encontrado nas três áreas de alimentação de tartarugas verdes foi significativamente diferente ( $p < 0,05$ ), assim como a composição do lixo encontrado (material:  $p < 0,01$ , global R: 0,15; cor:  $p < 0,01$ , global R: 0,43). A maior densidade de lixo foi encontrada na região estuarina (2,1 itens/m<sup>2</sup>), seguida do recife localizado em uma área altamente urbanizada (0,6 item/m<sup>2</sup>) e do recife localizado na região pouco urbanizada (0,2 item/m<sup>2</sup>). A comparação da quantidade de lixo ingerido

pelas tartarugas (N = 115) provenientes das áreas recifais mostrou que os indivíduos do recife localizado na área altamente urbanizada ingeriram significativamente mais lixo do que os indivíduos da outra área recifal com menor disponibilidade de lixo no ambiente ( $p < 0,01$ ) (Figura 3.1).

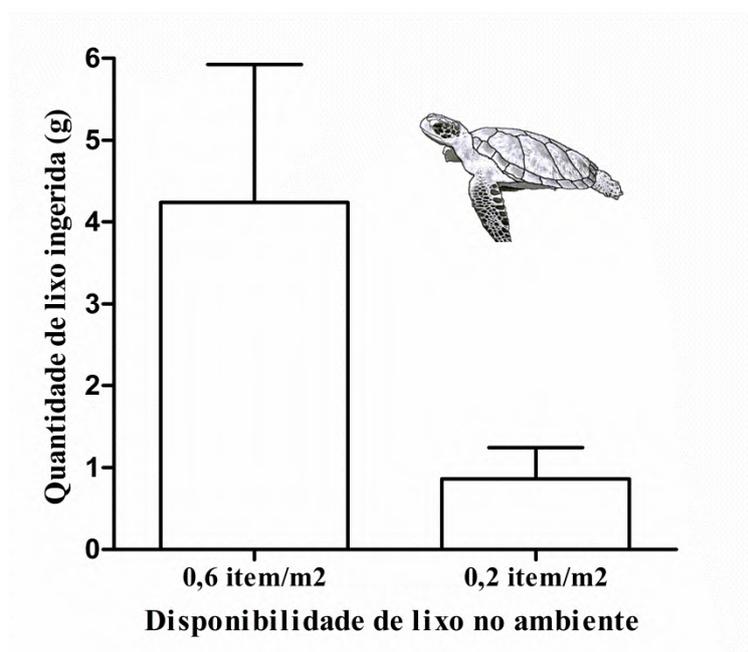


Figura 3.1 – Peso médio e erro padrão do lixo ingerido por tartarugas verdes, *Chelonia mydas*, de dois recifes com diferente disponibilidade de lixo no ambiente.

### **Estratégia de forrageamento, amplitude dieta e ingestão de lixo**

Aves marinhas que se alimentaram na superfície exibiram taxas de ingestão de lixo maiores que aquelas que mergulhavam para encontrar o alimento, tanto nas águas ao sul da África, como na região subártica do Pacífico norte (Figura 3.2). Nós encontramos diferenças significativas na ingestão de lixo por aves coletadas no sul da África ( $p < 0,01$ ), mas não no Pacífico norte ( $p = 0,06$ ). Nós também encontramos que espécies de peixes e aves marinhas que possuem uma dieta ampla exibiram uma taxa de ingestão de lixo maior que as espécies com dieta restrita (Figura 3.3). Porém, esta diferença foi significativa apenas para as espécies de peixes ( $p = 0,03$ ). A análise da relação entre a estratégia de forrageamento e os itens alimentares com a quantidade de lixo ingerido pelas tartarugas verdes (N = 25) mostrou uma relação significativa entre a ecologia alimentar das tartarugas e a ingestão de lixo ( $p < 0,01$  e  $R^2 = 0,42$ ). Onde

quanto mais o animal forrageia na coluna d'água ( $R^2 = 0,54$ ) e quanto mais oportunista é sua dieta ( $R^2 = 0,47$ ), maior a quantidade de lixo ingerida.

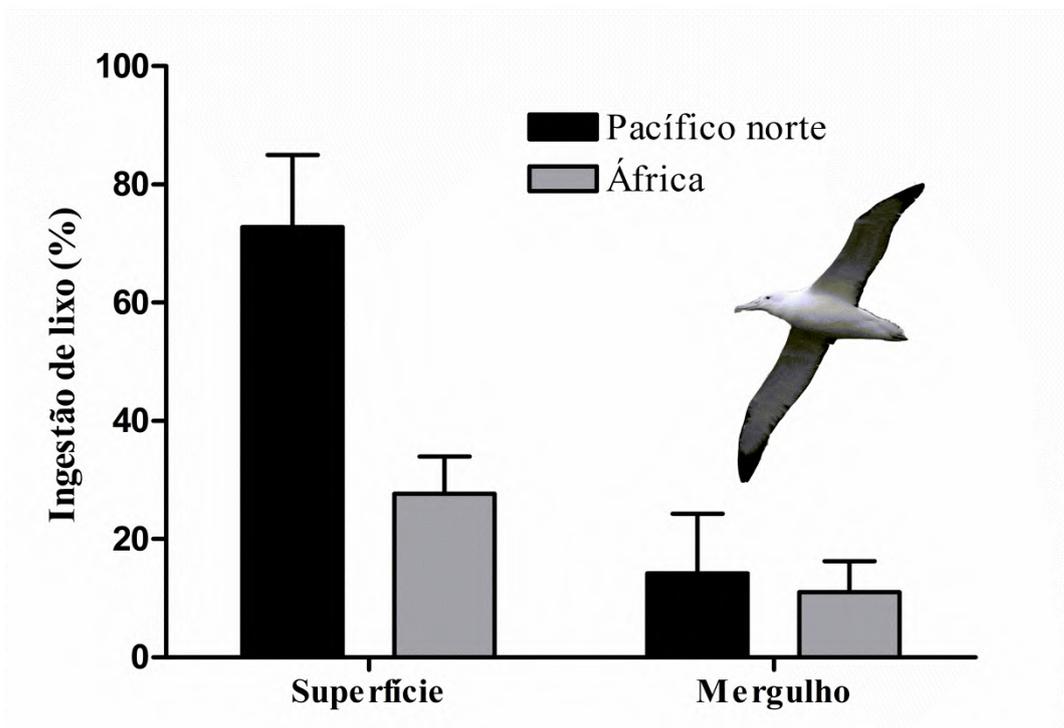


Figura 3.2 – Média e erro padrão da frequência de ingestão de lixo de espécies de aves marinhas com diferentes estratégias de forrageamento. Dados das espécies do Pacífico norte foram extraídos de Robards *et al.* (1995) e dados da África foram extraídos de Ryan (1987).

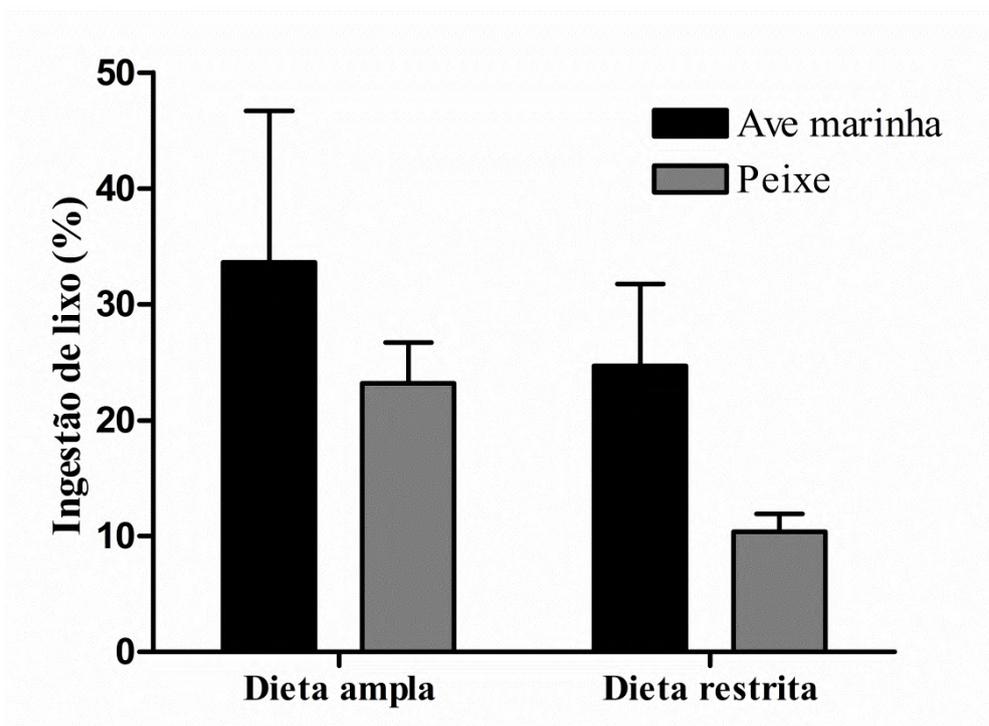


Figura 3.3 – Média e erro padrão da frequência de ingestão de lixo de espécies de aves marinhas e peixes com diferente amplitude de dieta. Dados das aves marinhas foram extraídos de Ryan (1987), e dados dos peixes foram extraídos de Dantas *et al.* (2012), Possato *et al.* (2011) e Ramos *et al.* (2012).

## Cores dos fragmentos plásticos e sua ingestão

A análise de seletividade em relação à ingestão de fragmentos plásticos de diferentes cores por tartarugas verdes (N = 46) revelou que as cores escuras foram ingeridas acima da proporção encontrada no ambiente, e as cores claras foram ingeridas abaixo das proporções encontradas no ambiente (Figura 3.4). Este padrão se repetiu nas três áreas analisadas, mesmo sobre disponibilidades de cores e materiais significativamente diferentes.

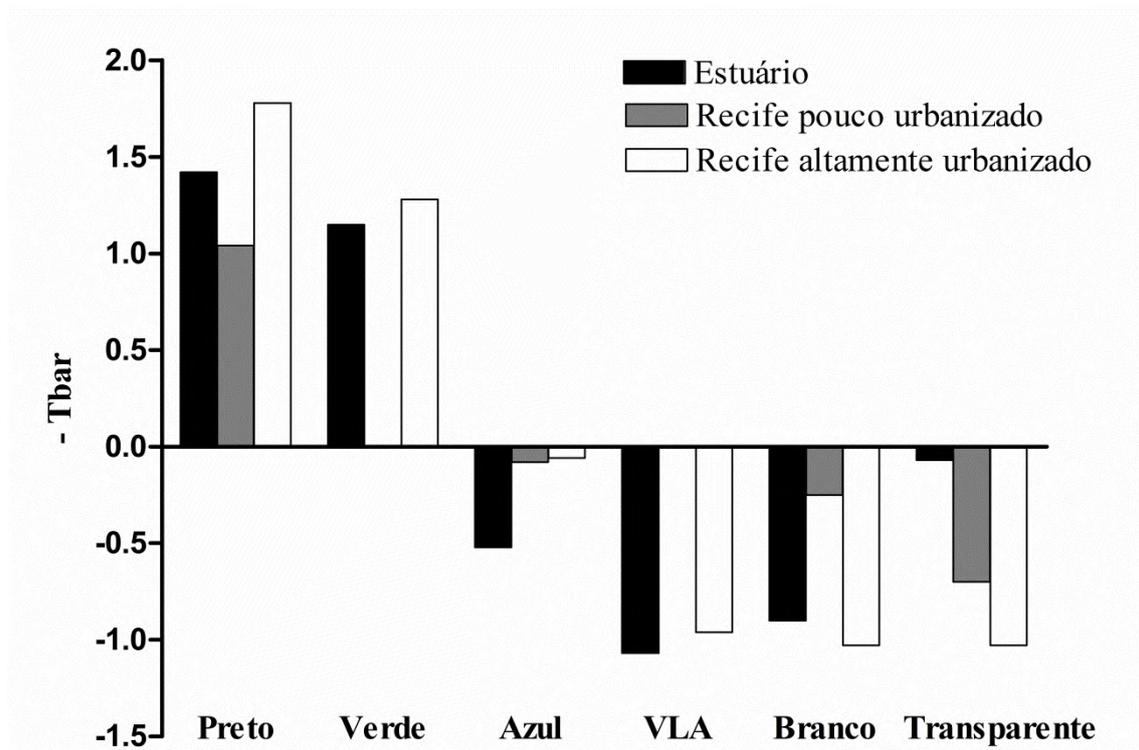


Figura 3.4 – Avaliação da seletividade da tartaruga verde, *Chelonia mydas*, de duas áreas recifais e uma estuarina por diferentes cores de plástico flexível. A seletividade foi calculada usando o teste de Waller-Duncan para diferenças em relação aos ranks de seleção, onde valores positivos de -Tbar indicam que os fragmentos de plástico foram ingeridos acima de sua disponibilidade no ambiente. VLA = vermelho, laranja e amarelo.

### 3.4 DISCUSSÃO

A ingestão de lixo por animais marinhos é um problema amplamente reconhecido. Neste trabalho nós ampliamos a já extensa lista de espécies afetadas por ingestão destes resíduos (Laist, 1997) em 45%, reforçando o quão grave é o problema. Quando nós reunimos todas as informações da lista original de Laist (1997), que reporta também as espécies que são impactadas por emalhe em lixo, com os dados levantados em nossa revisão, nós encontramos um total de 348 espécies para as quais já foi reportado algum impacto em decorrência da interação com lixo no ambiente marinho. Além desta extensa lista de animais ameaçados, os estudos recentes sugerem que a ingestão de lixo continua crescendo (Robards *et al.*, 1995; Schuyler *et al.*, 2014).

Os poucos estudos que tentaram entender porque os animais marinhos ingerem lixo sugeriram que a ingestão ocorre quando o lixo ingerido se assemelha à imagem de algum item alimentar (Bjorndal *et al.*, 1994; Robertson *et al.*, 2013; Schlaepfer *et al.*, 2002; Schuyler *et al.*, 2012). Neste cenário, o animal que ingere o lixo foi pego em uma armadilha evolutiva. Um exemplo clássico de armadilha evolutiva é a confusão de fragmentos de plástico flexível com invertebrados gelatinosos reportado para a tartaruga de couro (*Dermochelys coriacea*) (Mrosovsky, 1981). Armadilha evolutiva pode ser definida como uma escolha sub-ótima feita por organismos que estavam seguindo uma regra de decisão moldada pela seleção natural. Esta escolha sub-ótima deve ocorrer quando o organismo encontra um ambiente novo ou quando ocorre alguma alteração rápida no ambiente em que ele habita (Robertson *et al.*, 2013; Schlaepfer *et al.*, 2002). Nós concordamos que a ingestão de lixo é resultado de uma armadilha evolutiva, porque a crescente quantidade de resíduos depositados no ambiente marinho tem tornado estratégias alimentares exitosas no passado em ameaças para a sobrevivência de algumas espécies no presente. No entanto, nós acreditamos que a armadilha evolutiva em que as espécies estão sendo pegas se baseia em regras de decisão muito mais gerais, não sendo restrita apenas a confusão do lixo com uma presa específica, e que a maioria das espécies marinhas pode eventualmente ser pega nesta armadilha. A grande diversidade de cores, materiais e formas dos resíduos antropogênicos encontrados em um mesmo indivíduo não podem ser explicados pela confusão com uma presa específica (e.g. Ryan, 1987; Schuyler *et al.*, 2012; Schuyler *et al.*, 2014; Stephanis *et al.*, 2013). A armadilha evolutiva que nós propomos é baseada em premissas gerais definidas pela teoria do forrageamento, na qual cada presa fornece uma quantidade de

energia líquida quando ingerida, e que para conseguir esta energia é necessário tempo, desta maneira a quantidade de energia realmente ganha pelo predador pode ser expressa da seguinte forma (Hamilton, 2010):

$$\frac{\text{Energia da presa} - \text{Energia gasta para ingerir a presa}}{\text{Tempo gasto para ingerir a presa}}$$

Portanto, um animal que encontrar um fragmento de plástico durante a sua atividade de forrageio, não gastará quantidade relevantes de energia ou tempo para ingeri-lo, já que o plástico não irá tentar escapar ou se defender, e dependendo da relação de tamanho entre o fragmento plástico e a o animal, também não será gasto tempo e nem energia significativos no momento da ingestão. Com base nesta regra de decisão, moldada pela seleção natural em um ambiente em que o plástico não existia, o pior cenário seria a ingestão de uma presa de baixa qualidade energética (e.g. pena e fragmento de madeira), mas praticamente sem nenhum custo de tempo ou energia. Desta maneira, ao invés de nos perguntarmos por que o animal ingeriu o fragmento de plástico, nós poderíamos perguntar por que ele não deveria ingeri-lo. A elevada quantidade de táxons para os quais já foi relatada a ingestão de lixo e a diversidade de lixo encontrada nos animais se encaixa na hipótese de uma armadilha evolutiva que segue regras mais gerais. Por outro lado, o que propomos não exclui a armadilha evolutiva relacionada com a confusão do lixo com uma imagem de presa específica.

Apesar da ingestão generalizada de lixo por diversos táxons, nós sabemos que a ingestão destes resíduos não está igualmente distribuída entre as diferentes espécies e áreas. Desta maneira, para entender melhor a ingestão de lixo, nós devemos estudá-la sob a luz da teoria do forrageamento. Portanto, na tentativa de entender a ingestão de plástico e fazer predições, nós a dividimos em três partes: chance de encontro, detecção e decisão de ingestão.

### **Chance de encontro: disponibilidade de lixo e estratégia de forrageamento**

A chance que um animal tem de encontrar com um fragmento plástico depende diretamente da disponibilidade deste resíduo no ambiente, o que, por sua vez, é determinado pela densidade de lixo no ambiente e pela estratégia de forrageamento empregada pelo animal. A densidade de lixo no ambiente é provavelmente o primeiro

fator que influenciará a ingestão de lixo. Nossos resultados mostraram uma relação significativa entre a densidade de lixo no ambiente e a quantidade de lixo ingerida, visto que mostramos que tartarugas verdes com a mesma estratégia de forrageamento ingerem quantidades significativamente maiores de lixo em regiões com maior densidade de lixo no ambiente. O fato de que o aumento na densidade de lixo no ambiente leva a um acréscimo na ingestão de lixo é um achado esperado, porém a questão que permanece é como a quantidade de plástico ingerido responde ao acréscimo na densidade de lixo no ambiente (Ryan, 2008).

A chance de encontro com resíduos plásticos é influenciada não apenas pelo aumento da abundância deste material no ambiente, mas também pela estratégia de forrageamento das espécies. Isto ocorre pelo fato de que os fragmentos plásticos não estão igualmente distribuídos na coluna d'água, já que a maioria deles possui flutuabilidade positiva e, conseqüentemente, tendem a se concentrar próximos da superfície (Gregory, 2009). Desta maneira, animais que se alimentam em uma mesma localidade podem ter diferentes chances de encontro com os resíduos plásticos. Nós podemos esperar que animais marinhos que se alimentam na zona epi-pelágica terão uma probabilidade de ingestão de lixo maior do que aqueles que se alimentam de material bentônico. Os nossos resultados da relação entre estratégia de forrageamento e ingestão de lixo nas tartarugas verdes mostraram que forragear na coluna d'água está relacionado com a ingestão de maiores quantidades de lixo. Nós também encontramos um padrão similar para aves marinhas, em que as espécies que se alimentam na superfície mostraram uma taxa maior de ingestão de lixo do que aquelas espécies que capturam seu alimento através de mergulhos. No entanto, nós temos que ter em mente que mesmo plásticos flutuantes podem afundar devido à incrustação, acumulando no substrato, onde podem ser ingeridos por animais bentônicos, como demonstrado em experimento com pepinos marinhos (Graham & Thompson, 2009).

### **Detecção: Lei de Thayer**

Mesmo considerando a chance de encontro entre um animal e fragmentos plásticos, a ingestão só ocorrerá se o animal for capaz de detectar o resíduo. A conspicuidade do plástico dependerá principalmente de seu tamanho e de sua cor. Os fragmentos ingeridos por animais de forrageamento ativo variam de microplásticos (0,13 mm) (Lusher *et al.*, 2013) a fragmentos muito grandes (5,55 m<sup>2</sup>) (Stephanis *et al.*,

2013). Portanto, a detectabilidade do fragmento devido ao seu tamanho vai depender do tamanho do animal que o encontra. No entanto, a conspicuidade do fragmento plástico devido a sua cor irá ser regida por regras físicas gerais de óptica. Por esta razão, a Lei de Thayer pode ser útil para o entendimento da chance de detecção dos fragmentos plásticos pelos animais.

Abbott H. Thayer foi um pintor e naturalista que estudou o efeito protetor da coloração dos animais na natureza, publicando um artigo em 1896 (*The law which underlies protective colouration*) (Thayer, 1896) e depois seu filho publicou um livro com suas ideias (Thayer, 1909), que teve grande impacto sobre o estudo da camuflagem nos animais (Behrens, 2009). Em seu artigo ele afirmou que: “Animals are painted by nature, darkest on those parts that intend to be the most lighted by the sky’s light, and vice versa”. Thayer sugeriu que este era um padrão universal para o reino animal que reduziria a detectabilidade da presa de predadores visuais através do contra-sombreamento. Vários artigos foram publicados sobre as ideias de Thayer (para uma revisão: Kiltie *et al.*, 2004).

No ambiente marinho o padrão sugerido por Thayer (dorso escuro e ventre claro) é encontrado em diversos táxons, e tem sido relacionado com a função de camuflagem (Rowland, 2009) em peixes (Greenwood, 1991; Hamilton & Peterman, 1971; Hastings, 1971), tartarugas marinhas (Bustard, 1970), tubarões (Wilson & Martin, 2004) e outros grupos (Ferguson & Messenger, 1991; Korner, 1982). Estudos tem sugerido que se camuflar em um fundo claro através de um ventre claro ou em um fundo escuro com um dorso escuro se encaixa nas ideias de Thayer, porém esta camuflagem não necessariamente se dá através da ocultação de toda a silhueta, mas está mais relacionada com contra-iluminação ou simplesmente com semelhança ao plano de fundo (Kiltie, 1988; Rowland, 2009).

Expandindo a ideia original de Thayer para o lixo encontrado no ambiente marinho, nós mostramos que fragmentos plásticos escuros foram ingeridos por tartarugas marinhas em quantidades superiores à proporção que estes são encontrados no ambiente, enquanto que fragmentos claros foram ingeridos abaixo da proporção encontrada no ambiente. Nós esperamos que este padrão encontrado para as tartarugas marinhas possa ser extrapolado para outros predadores visuais marinhos. Esta extrapolação é baseada no fato que fragmentos plásticos de cor clara devem ser menos conspicuos que fragmentos de cor escura quando vistos de baixo para cima, o que seria explicado pelo princípio geral da semelhança do fragmento com o fundo devido aos

efeitos de contra-iluminação. Nós também podemos esperar um padrão oposto para ingestão de lixo por aves marinhas voadoras, já que estas veem suas presas de cima para baixo. A relação entre as características dos fragmentos plásticos ingeridos pelos os animais e a sua disponibilidade no ambiente ainda é pouco estudada, sendo tratada com mais detalhe em dois estudos, um com tartarugas verdes (Schuyler *et al.*, 2012) e outro com aves marinhas (Ryan, 1987). No entanto, em nenhum deles o efeito da cor foi isolado de outras variáveis. Porém, Ryan (1987) sugeriu que diferenças entre as cores dos fragmentos ingeridos pelos animais podem ser resultado das diferenças de conspicuidade destes fragmentos. A detectabilidade de um item dependerá das características físicas deste e do sistema sensorial do animal. Desta maneira, princípios gerais da óptica devem sempre se aplicar, como a semelhança com o plano de fundo devido à contra-iluminação. No entanto, a ingestão de lixo não dependerá apenas de sua detectabilidade, mas também das regras de decisão relacionadas ao forrageamento dos animais, de modo que é possível que encontremos algum desvio do padrão relativo às cores aqui sugerido.

### **A decisão de ingestão: dieta generalistas e especialista**

Os animais variam em sua estratégia de alimentação desde generalistas até especialistas. Animais generalistas são mais propensos a ingerir uma maior diversidade de presas encontradas durante a sua busca por alimento, e animais especialistas tendem a continuar procurando alimento até encontrarem uma presa específica. Devido a estas diferenças básicas no forrageio, nós podemos esperar que animais com dieta generalista serão mais propensos a ingerir lixo quando o encontrarem, do que animais especialistas. De fato é isto que nossos resultados mostraram quando comparamos os dados de ingestão de lixo de peixes e aves com a amplitude de sua dieta. Aquelas espécies que exibiram uma dieta mais diversa também tiveram em média uma taxa de ingestão de lixo maior do que as que exibiram dietas mais restritas. Nós também encontramos resultados similares para tartarugas verdes, para as quais encontramos uma relação positiva entre a quantidade de presas consideradas como fruto de alimentação oportunista e a quantidade de lixo ingerida. Estes resultados reforçam o quão perigosa a ingestão de lixo pode ser para os animais marinhos, porque muitas espécies oceânicas possuem um tempo de manuseio de seu alimento relativamente curto quando comparados com o tempo de busca por ele, o que deve levar a uma estratégia de

alimentação generalista, como esperado pela teoria do forrageamento (Pyke *et al.*, 1977). Outra previsão baseada na teoria de forrageamento é que dietas mais amplas são esperadas em ambientes pouco produtivos (MacArthur & Pianka, 1966), e sabemos que a maior parte das águas tropicais são pouco produtivas durante todo o ano e as águas temperadas e polares em boa parte do ano. Estes fatores juntos mostram que diversas espécies marinhas, inclusive aquelas para as quais a ingestão de lixo ainda não foi registrado, podem estar correndo um elevado risco de ingerir lixo.

Animais com dietas mais restritas não estão a salvo da ingestão de lixo, o que foi demonstrado na literatura e por nossos achados, porque mesmo animais com elevada seletividade não eliminam completamente presas menos preferidas da sua dieta (McNamara & Houston, 1986). A decisão de ingerir presas menos preferidas vai depender de outras variáveis, como o ganho nutricional de longo prazo ou o ganho de energia para minimizar o risco de passar fome (Hamilton, 2010). Outro cenário em que um predador especialista será mais propenso a ingestão de lixo é quando este resíduo se assemelha com a sua presa, como sugerido para as tartarugas de couro (Schlaepfer *et al.*, 2002), resultando assim em uma elevada quantidade de ingestão de lixo.

Aqui nós apresentamos alguns aspectos que acreditamos ser importantes para o melhor entendimento e predição da ingestão de lixo, sugerindo que animais que se alimentam na superfície e aqueles que possuem uma dieta mais ampla correrão maior risco de ingestão de lixo (Figura 3.5). No entanto, a ingestão de lixo por animais marinhos deve ser vista não apenas como uma ameaça à conservação de algumas espécies, mas sim como um problema maior que afeta toda a cadeia alimentar. O risco de contaminação de toda a cadeia alimentar por resíduos plásticos e outros componentes deletérios associados a estes (Teuten *et al.*, 2009) é justificado pelas seguintes razões: fragmentos plásticos estão presentes em todos os oceanos e praticamente em todos os habitats costeiros e sua liberação no ambiente é contínua (Derraik, 2002; Eriksen *et al.*, 2013; Law *et al.*, 2010; Moore *et al.*, 2001; Reisser *et al.*, 2013; Ryan *et al.*, 2009); muitas espécies, independentemente de sua posição na cadeia alimentar, são afetadas pela ingestão de plástico; e recentemente foi demonstrado que até mesmo organismos como zooplâncton estão sujeitos a ingestão de fragmentos de plástico (Cole *et al.*, 2013). Nós acreditamos que a ingestão de lixo ocorre devido a uma armadilha evolutiva muito mais ampla do que a previamente sugerida, e que deve afetar muito mais espécies do que as que foram até hoje reportadas. Desarmar esta armadilha será particularmente

difícil devido ao contínuo e crescente despejo de plástico no ambiente marinho e à alta persistência do mesmo no ambiente.

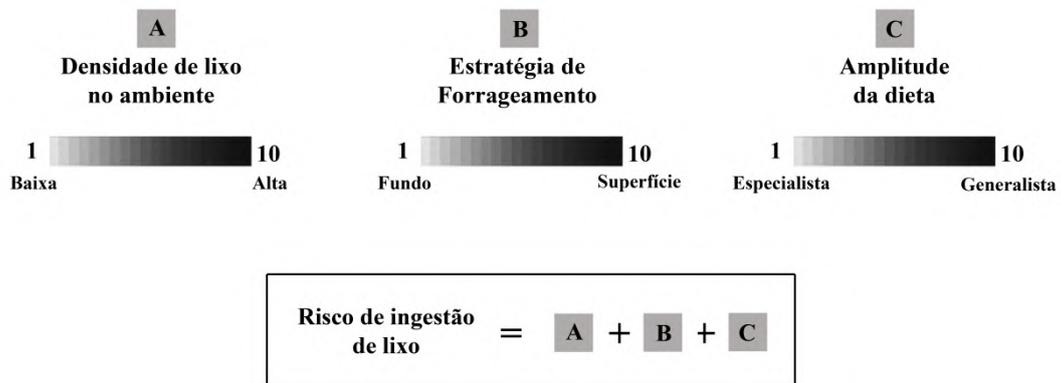


Figura 3.5 – Esquema apresentando as três principais variáveis envolvidas na ingestão de lixo por animais marinhos e como a interação entre elas influencia o risco de ingestão.

### 3.5 REFERÊNCIAS

- Anastasopoulou, A., Mytilineou, C., Smith, C. J., & Papadopoulou, K. N. (2013). Plastic debris ingested by deep-water fish of the Ionian Sea (Eastern Mediterranean). *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 74, 11-13.
- Anderson, D., Huyvaert, K., Awkerman, J., Proaño, C., Milstead, W., Jiménez-Uzcátegui, G., Cruz, S. & Grace, J. (2008). Population status of the critically endangered waved albatross *Phoebastria irrorata*, 1999 to 2007. *Endangered Species Research*, 5, 185–192.
- Barbieri, E. (2009). Occurrence of plastic particles in Procellariiforms, South of São Paulo State (Brazil), 52, 341–348.
- Barletta, M., & Blaber, S. J. (2007). Comparison of fish assemblages and guilds in tropical habitats of the Embley (Indo-West Pacific) and Caeté (Western Atlantic) estuaries. *Bulletin of Marine Science*, 80(3), 647-680.
- Barnes, D. K. (2002). Biodiversity: invasions by marine life on plastic debris. *Nature*, 416, 808–809.
- Barnes, D. K. A., Galgani, F., Thompson, R. C., & Barlaz, M. (2009). Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 1985–1998.
- Bartol, S. M., & Musick, J. A. (2003). Sensory biology of sea turtles. In: P. L. Lutz, J. A. Musick, & J. Wyneken (Eds.), *The biology of sea turtles Volume II* (pp. 79–102). Boca Raton: CRC Press, Boca Raton, Fla.
- Behrens, R. R. (2009). Revisiting Abbott Thayer: non-scientific reflections about camouflage in art, war and zoology. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, 364(1516), 497–501.
- Bjorndal, K. A., Bolten, A. B., & Lagueux, C. J. (1994). Ingestion of marine debris by juvenile sea turtles in coastal Florida habitats. *Marine Pollution Bulletin*, 28(3), 154–158.
- Bjorndal, K. A. (1997). Foraging ecology and nutrition of sea turtles. (Peter L Lutz & J. A. Musick, Eds.) *The biology of sea turtles*, 199–231. Boca Raton, Florida. CRC Press.
- Boerger, C. M., Lattin, G. L., Moore, S. L., & Moore, C. J. (2010). Plastic ingestion by planktivorous fishes in the North Pacific Central Gyre. *Marine pollution bulletin*, 60(12), 2275–8.
- Bond, A. L., Jones, I. L., Williams, J. C., & Byrd, G. V. (2010). Auklet (Charadriiformes: Alcidae, *Aethia* spp.) chick meals from the Aleutian Islands, Alaska, have a very low incidence of plastic marine debris. *Marine Pollution Bulletin*, 60(8), 1346–1349.

- Brandão, M. L., Braga, K. M., & Luque, J. L. (2011). Marine debris ingestion by Magellanic penguins, *Spheniscus magellanicus* (Aves: Sphenisciformes), from the Brazilian coastal zone. *Marine Pollution Bulletin*, 62(10), 2246–2249.
- Bravo Rebolledo, E. L., Van Franeker, J. a, Jansen, O. E., & Brasseur, S. M. J. M. (2013). Plastic ingestion by harbour seals (*Phoca vitulina*) in The Netherlands. *Marine pollution bulletin*, 67(1-2), 200–202.
- Bustard, H. R. (1970). The adaptive significance of coloration in hatchling green sea turtles. *Herpetologica*, 26(2), 224–227.
- Carman, V. G., 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. *Marine Biology*, 161 (2), 339-349.
- Carey, M. J. (2011). Intergenerational transfer of plastic debris by Short-tailed Shearwaters (*Ardenna tenuirostris*). *Emu*, 111(3), 229.
- Choy, C., & Drazen, J. (2013). Plastic for dinner? Observations of frequent debris ingestion by pelagic predatory fishes from the central North Pacific. *Marine Ecology Progress Series*, 485, 155–163.
- Cliff, G., Dudley, S. F. J., Ryan, P. G., & Singleton, N. (2002). Large sharks and plastic debris in KwaZulu-Natal, South Africa. *Marine and Freshwater Research*, 53(2), 575–581.
- Codina-García, M., Militão, T., Moreno, J., & González-Solís, J. (2013). Plastic debris in Mediterranean seabirds. *Marine Pollution Bulletin*, 77(1-2), 220-226.
- Colabuono, F. I., Barquete, V., Domingues, B. S., & Montone, R. C. (2009). Plastic ingestion by Procellariiformes in Southern Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, 58(1), 93–96.
- Cole, M., Lindeque, P., Fileman, E., Halsband, C., Goodhead, R., Moger, J., & Galloway, T. S. (2013). Microplastic ingestion by zooplankton. *Environmental science & technology*, 47(12), 6646–55.
- Copello, S., Quintana, F., & Pérez, F. (2008). Diet of the southern giant petrel in Patagonia: fishery-related items and natural prey. *Endangered Species Research*, 6, 15–23.
- Costa, P. C. S., Carvalho, A. P. M., Barbosa, L. A. & Silveira, L. S. (2012). Ingestão de lixo plástico por *Peponocephala electra* (Gray, 1846) encalhada viva no litoral do Espírito Santo – Brasil. *Congresso Brasileiro de Oceanografia*, Rio de Janeiro. 2376-2381.
- Dantas, D. V, Barletta, M., & da Costa, M. F. (2012). The seasonal and spatial patterns of ingestion of polyfilament nylon fragments by estuarine drums (*Sciaenidae*). *Environmental science and pollution research international*, 19(2), 600–6.

- Dantas, D. V., Barletta, M., Ramos, J. D. A. A., Lima, A. R. A., & da Costa, M. F. (2013). Seasonal diet shifts and overlap between two sympatric catfishes in an estuarine nursery. *Estuaries and Coasts*, 36 (2), 237-256.
- Derraik, J. G. B. (2002). The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. *Marine pollution bulletin*, 44(9), 842–52.
- Dierks, A. J. (1990). Parental care and diet of California gull (*Larus californicus*) chicks at Alviso, California. Master's Theses. The Faculty of Moss Landing Marine Labs, San Jose State University. Pp. 63.
- Dixon, T. R., & Dixon, T. J. (1981). Marine litter surveillance. *Marine pollution bulletin*, 12(9), 289–295.
- Eriksen, M., Maximenko, N., Thiel, M., Cummins, A., Lattin, G., Wilson, S., Lattin, G., Wilson, S., Hafner, J., Zellers, A., & Rifman, S. (2013). Plastic pollution in the South Pacific subtropical gyre. *Marine pollution bulletin*, 68(1-2), 71–76.
- Ferguson, G. P., & Messenger, J. B. (1991). A countershading reflex in cephalopods. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 243(1306), 63–67.
- Foekema, E. M., De Gruijter, C., Mergia, M. T., van Franeker, J. A., Murk, A. J., & Koelmans, A. A. (2013). Plastic in north sea fish. *Environmental science & technology*, 47(15), 8818–24.
- Giarrizzo, T., & Saint-Paul, U. (2008). Ontogenetic and seasonal shifts in the diet of the pemecou sea catfish *Sciades herzbergii* (Siluriformes: Ariidae), from a macrotidal mangrove creek in the Curuçá estuary, Northern Brazil. *Revista de Biología Tropical*, 56(2), 861-873.
- Goldstein, M. C., & Goodwin, D. S. (2013). Gooseneck barnacles (*Lepas* spp.) ingest microplastic debris in the North Pacific Subtropical Gyre. (P.-Y. Qian, Ed.) *PeerJ*, 1, e184.
- Graham, E. R., & Thompson, J. T. (2009). Deposit- and suspension-feeding sea cucumbers (Echinodermata) ingest plastic fragments. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 368(1), 22–29.
- Gray, H., Lattin, G. L., & Moore, C. J. (2012). Incidence, mass and variety of plastics ingested by Laysan (*Phoebastria immutabilis*) and Black-footed Albatrosses (*P. nigripes*) recovered as by-catch in the North Pacific Ocean. *Marine Pollution Bulletin*, 64(10), 2190–2192.
- Greenwood, J. J. D. (1991). Marine quick-change acts. *Nature*, 349, 741–742.
- Gregory, M. R. (2009). Environmental implications of plastic debris in marine settings--entanglement, ingestion, smothering, hangers-on, hitch-hiking and alien invasions. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, 364(1526), 2013–2025.

- Hamilton, I. M. (2010). Foraging Theory. In: D. F. Westneat & C. W. Fox (Eds.), *Evolutionary behavioral ecology* (pp. 177–193). Oxford Univ. Press.
- Hamilton, W. J., & Peterman, R. M. (1971). Countershading in the colourful reef fish *Chaetodon lunula* - concealment, communication or both. *Animal Behaviour*, 19, 357–364.
- Hastings, J. W. (1971). Light to hide by: ventral luminescence to camouflage the silhouette. *Science*, 173(4001), 1016–7.
- Hong, S., Lee, J., Jang, Y. C., Kim, Y. J., Kim, H. J., Han, D., Hong, S. H., Kang, D. & Shim, W. J. (2013). Impacts of marine debris on wild animals in the coastal area of Korea. *Marine Pollution Bulletin*, 66(1), 117–124.
- Huin, N. & Croxall, J. P. (1996). Fishing gear, oil and marine debris associated with seabirds at Bird Island, South Georgia, during 1993/1994. *Marine Ornithology*, 24, 19-22.
- Jackson, G. D., Buxton, N. G., & George, M. J. A. (2000). Diet of the southern opah *Lampris immaculatus* on the Patagonian Shelf ; the significance of the squid *Moroteuthis ingens* and anthropogenic plastic. *Marine Ecology Progress Series*, 206(M1), 261–271.
- Johnson, D. H. (1980). The Comparison of usage and availability measurements for evaluating resource preference. *Ecology*, 61(1), 65–71.
- Kiltie, R. a. (1988). Countershading: universally deceptive or deceptively universal? *Trends in ecology & evolution*, 3(1), 21–3.
- Korner, H. K. (1982). Countershading by physiological colour change in the fish louse *Anilocra physodes* L. (Crustacea: Isopoda). *Oecologia*, 55(2), 248–250.
- Laist, D. (1997). Impacts of marine debris: entanglement of marine life in marine debris including a comprehensive list of species with entanglement and ingestion Records. In: J. Coe & D. Rogers (Eds.), *Marine Debris SE - 10*, 99–139. Springer New York.
- Law, K. L., Morét-Ferguson, S., Maximenko, N. A., Proskurowski, G., Peacock, E. E., Hafner, J., & Reddy, C. M. (2010). Plastic Accumulation in the North Atlantic Subtropical Gyre. *Science*, 329, 1185–8.
- Lusher, A. L., McHugh, M., & Thompson, R. C. (2013). Occurrence of microplastics in the gastrointestinal tract of pelagic and demersal fish from the English Channel. *Marine Pollution Bulletin*, 67(1), 94–99.
- MacArthur, R. H., & Pianka, E. R. (1966). On optimal use of a patchy environment. *The American Naturalist*, 100(916), 603–609.

- McCauley, S. J., & Bjorndal, K. A. (1999). Conservation implications of dietary dilution from debris ingestion: sublethal effects in post-hatchling loggerhead sea turtles. *Conservation Biology*, 13(4), 925–929
- McNamara, J. M., & Houston, A. I. (1986). The common currency for behavioral decisions. *The American Naturalist*, 127(3), 358–378.
- Menezes, N.A. & Figueiredo, J. L. (1980). Manual de peixes marinhos do Sudeste do Brasil. IV-Teleostei (3). São Paulo, Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo, 96p.
- Miranda, D. A. & Carvalho-Souza, G. F. (2011). Presença de pellets plásticos em conteúdos estomacais de peixes desembarcados na costa de Salvador, Bahia, Brasil. XVI Congresso Latino-Americano de Ciências do Mar. Balneário de Camboriú, SC, Brasil.
- Moore, C. J., Moore, S. L., Leecasterà, M. K., & Weisbergà, S. B. (2001). A comparison of plastic and plankton in the North Pacific Central Gyre. *Marine Pollution Bulletin*, 42(12), 1297–1300.
- Mrosovsky, N. (1981). Plastic jellyfish. *Marine Turtle Newsletter*, 17.
- Murray, F., & Cowie, P. R. (2011). Plastic contamination in the decapod crustacean *Nephrops norvegicus* (Linnaeus, 1758). *Marine Pollution Bulletin*, 62(6), 1207–1217.
- Nagaoka, S. M., Martins, A. S., Santos, R. G., Tognella, M. M. P., Oliveira Filho, E. C., & Seminoff, J. A. (2012). Diet of juvenile green turtles (*Chelonia mydas*) associating with artisanal fishing traps in a subtropical estuary in Brazil. *Marine Biology*, 159(3), 573–581.
- Nel, D. C. & Nel, J. L. (1999). Marine debris and fishing gear associated with seabirds at Sub-antarctic Marion Island, 1996/97 and 1997/98: in relation to longline fishing activity. *CCAMLR Science*, 6, 85-96.
- Noord, J. E. (2012). Diet of five species of the family Myctophidae caught off the Mariana Islands. *Ichthyological Research*, 60(1), 89–92.
- Pierce, K. E., Harris, R. J., Larned, L. S. & Pokras, M. A. (2004). Obstruction and starvation associated with plastic ingestion in a northern gannet *Morus bassanus* and a greater shearwater *Puffinus gravis*. *Marine Ornithology*, 32, 187–189.
- Possatto, F. E., Barletta, M., Costa, M. F., Ivar do Sul, J. A., & Dantas, D. V. (2011). Plastic debris ingestion by marine catfish: an unexpected fisheries impact. *Marine pollution bulletin*, 62(5), 1098–102.
- Pyke, G. H., Pulliam, H. R., & Charnov, E. L. (1977). Optimal foraging: a selective review of theory and tests. *The Quarterly review of biology*, 52(2), 137–154.

- Ramos, J., Barletta, M., & Costa, M. (2012). Ingestion of nylon threads by Gerreidae while using a tropical estuary as foraging grounds. *Aquatic Biology*, 17(1), 29–34.
- Reisser, J., Shaw, J., Wilcox, C., Hardesty, B. D., Proietti, M., Thums, M., & Pattiaratchi, C. (2013). Marine plastic pollution in waters around Australia: characteristics, concentrations, and pathways. *PLoS ONE*, 8(11), e80466.
- Robards, M. D., Piatt, J. F., & Wohl, K. D. (1995). Increasing frequency of plastic particles ingested by seabirds in the subarctic North Pacific. *Marine Pollution Bulletin*, 30(2), 151–157.
- Robertson, B. a, Rehage, J. S., & Sih, A. (2013). Ecological novelty and the emergence of evolutionary traps. *Trends in ecology & evolution*, 28(9), 552–60.
- Rowland, H. M. (2009). From Abbott Thayer to the present day: what have we learned about the function of countershading? *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, 364(1516), 519–27.
- Ruxton, G. D., Speed, M. P., & Kelly, D. J. (2004). What, if anything, is the adaptive function of countershading? *Animal Behaviour*, 68(3), 445–451.
- Ryan, P. G. (1987). The incidence and characteristics of plastic particles ingested by seabirds. *Marine Environmental Research*, 23(3), 175–206.
- Ryan, P. G. (2008). Seabirds indicate changes in the composition of plastic litter in the Atlantic and south-western Indian Oceans. *Marine Pollution Bulletin*, 56(8), 1406–1409.
- Ryan, P. G., & Moloney, C. L. (1993). Marine litter keeps increasing. *Nature*, 361, 23.
- Ryan, P. G., Moore, C. J., van Franeker, J. A., & Moloney, C. L. (2009). Monitoring the abundance of plastic debris in the marine environment. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 1999–2012.
- Schlaepfer, M. a., Runge, M. C., & Sherman, P. W. (2002). Ecological and evolutionary traps. *Trends in Ecology & Evolution*, 17(10), 474–480.
- Schuyler, Q., Hardesty, B. D., Wilcox, C., & Townsend, K. (2012). To eat or not to eat? Debris selectivity by marine turtles. *PloS One*, 7(7), e40884.
- Schuyler, Q., Hardesty, B. D., Wilcox, C., & Townsend, K. (2014). Global analysis of anthropogenic debris ingestion by sea turtles. *Conservation biology*, 28(1), 129–139.
- Simmonds, M. P. (2012). Cetaceans and marine debris: the great unknown. *Journal of Marine Biology*, 2012, 1–8.
- Stephanis, R. De, Giménez, J., Carpinelli, E., Gutierrez-exposito, C., & Cañadas, A. (2013). As main meal for sperm whales : Plastics debris. *Marine Pollution Bulletin*, 69(1-2), 206–214.

- Teuten, E. L., Saquing, J. M., Knappe, D. R. U., Barlaz, M. A., Jonsson, S., Bj+Ârn, A., Rowland, S. J., Thompson, R. C., Galloway, T. S., Yamashita, R., Ochi, D., Watanuki, Y., Moore, C., Viet, P. H., Tana, T. S., Prudente, M., Boonyatumanond, R., Zakaria, M. P., Akkavong, K., Ogata, Y., Hirai, H., Iwasa, S., Mizukawa, K., Hagino, Y., Imamura, A., Saha, M., & Takada, H. (2009). Transport and release of chemicals from plastics to the environment and to wildlife. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 2027–2045.
- Thayer, A. H. (1896). The law which underlies protective coloration. *The Auk*, 13(2), 124–129.
- Thayer, G. H. (1909). *Concealing-coloration in the animal kingdom; an exposition of the laws of disguise through color and pattern: being a summary of Abbot H. Thayer's discoveries*. New York: The Macmillan Co.
- Thompson, R. C., Swan, S. H., Moore, C. J., & vom Saal, F. S. (2009). Our plastic age. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 1973–1976.
- Verlis, K. M., Campbell, M. L., & Wilson, S. P. (2013). Ingestion of marine debris plastic by the wedge-tailed shearwater *Ardenna pacifica* in the Great Barrier Reef, Australia. *Marine Pollution Bulletin*, 72(1), 244–249.
- Williams, R., Ashe, E., & O'Hara, P. D. (2011). Marine mammals and debris in coastal waters of British Columbia, Canada. *Marine Pollution Bulletin*, 62(6), 1303–1316.
- Wilson, S. G., & Martin, A. R. (2004). Body markings of the whale shark, vestigial or functional. *Western Australian Naturalist*, 124, 118–134.
- Young, L. C., Vanderlip, C., Duffy, D. C., Afanasyev, V., & Shaffer, S. A. (2009). Bringing home the trash: do colony-based differences in foraging distribution lead to increased plastic ingestion in Laysan Albatrosses? *PLoS ONE*, 4(10), e7623–.

### 3.6 APÊNDICE

Apêndice 3.1 – Lista de espécies de aves marinhas utilizadas na análise da relação entre a estratégia de forrageamento e a ingestão de lixo.

Espécies	Ingestão de lixo (%)	N	Região	Referência
<b>Forrageio na superfície</b>				
<i>Diomedea exulans</i>	4	156	Sul da África	Ryan (1987)
<i>Diomedea melanophoris</i>	11	18	Sul da África	Ryan (1987)
<i>Diomedea chrysostoma</i>	1	170	Sul da África	Ryan (1987)
<i>Diomedea chlororhynchos</i>	2	87	Sul da África	Ryan (1987)
<i>Phoebastria fusca</i>	1	73	Sul da África	Ryan (1987)
<i>Macronectes halli</i>	7	42	Sul da África	Ryan (1987)
<i>Macronectes giganteus</i>	7	123	Sul da África	Ryan (1987)
<i>Fulmarus glacialis</i>	11	27	Sul da África	Ryan (1987)
<i>Pagodroma nivea</i>	5	22	Sul da África	Ryan (1987)
<i>Thalassoica antarctica</i>	7	30	Sul da África	Ryan (1987)
<i>Daption cupense</i>	83	18	Sul da África	Ryan (1987)
<i>Pachyptila vittata</i>	30	137	Sul da África	Ryan (1987)
<i>Pachyptila salvini</i>	52	31	Sul da África	Ryan (1987)
<i>Pachyptila desolata</i>	59	88	Sul da África	Ryan (1987)
<i>Pachyptila belcheri</i>	69	32	Sul da África	Ryan (1987)
<i>Halobaena caerulea</i>	92	74	Sul da África	Ryan (1987)
<i>Pterodroma macroptera</i>	8	13	Sul da África	Ryan (1987)
<i>Pterodroma incerta</i>	10	20	Sul da África	Ryan (1987)
<i>Pterodroma brevirostris</i>	24	63	Sul da África	Ryan (1987)
<i>Pterodroma mollis</i>	21	29	Sul da África	Ryan (1987)
<i>Procellaria aequinoctialis</i>	57	201	Sul da África	Ryan (1987)
<i>Puffinus gravis</i>	90	50	Sul da África	Ryan (1987)
<i>Larus dominicanus</i>	13	52	Sul da África	Ryan (1987)
<i>Larus hartlaubii</i>	0	13	Sul da África	Ryan (1987)
<i>Fulmarus glacialis</i>	84,2	19	Pacífico Norte	Robards <i>et al.</i> (1995)
<i>Oceanodroma furcata</i>	85,7	21	Pacífico Norte	Robards <i>et al.</i> (1995)
<i>Oceanodroma leucorhoa</i>	48,4	64	Pacífico Norte	Robards <i>et al.</i> (1995)

Apêndice 3.1 – Continuação.

**Mergulhadores**

<i>Fregata grallaria</i>	38	13	Sul da África	Ryan (1987)
<i>Pelagodroma marina</i>	88	24	Sul da África	Ryan (1987)
<i>Garrodia nereis</i>	33	12	Sul da África	Ryan (1987)
<i>Sterna hirundo</i>	0	13	Sul da África	Ryan (1987)
<i>Sterna paradisaea</i>	0	21	Sul da África	Ryan (1987)
<i>Sterna bergii</i>	0	12	Sul da África	Ryan (1987)
<i>Puffinus griseus</i>	51	63	Sul da África	Ryan (1987)
<i>Puffinus assimilis</i>	7	15	Sul da África	Ryan (1987)
<i>Pelecanoides urinatrix</i>	2	53	Sul da África	Ryan (1987)
<i>Phalacrocorax capensis</i>	0	239	Sul da África	Ryan (1987)
<i>Phalacrocorax neglectus</i>	1	167	Sul da África	Ryan (1987)
<i>Phalacrocorax coronatus</i>	0	24	Sul da África	Ryan (1987)
<i>Phalacrocorax atriceps</i>	0	12	Sul da África	Ryan (1987)
<i>Aptenodytes patagonicus</i>	0	150	Sul da África	Ryan (1987)
<i>Pygoscelis papua</i>	0	214	Sul da África	Ryan (1987)
<i>Eudyptes chrysocome</i>	1	177	Sul da África	Ryan (1987)
<i>Eudyptes chrysolophus</i>	0	46	Sul da África	Ryan (1987)
<i>Spheniscus demersus</i>	0	210	Sul da África	Ryan (1987)
<i>Spheniscus magellanicus</i>	0	35	Sul da África	Ryan (1987)
<i>Spheniscus humboldti</i>	0	30	Sul da África	Ryan (1987)
<i>Phalacrocorax pelagicus</i>	20	10	Pacífico Norte	Robards <i>et al.</i> (1995)
<i>Phalacrocorax urile</i>	0	16	Pacífico Norte	Robards <i>et al.</i> (1995)
<i>Uria aalge</i>	0,8	134	Pacífico Norte	Robards <i>et al.</i> (1995)
<i>Uria lomvia</i>	0	92	Pacífico Norte	Robards <i>et al.</i> (1995)
<i>Ptychoramphus aleuticus</i>	11,4	35	Pacífico Norte	Robards <i>et al.</i> (1995)
<i>Aethia psittacula</i>	93	208	Pacífico Norte	Robards <i>et al.</i> (1995)
<i>Aethia cristatella</i>	2,5	40	Pacífico Norte	Robards <i>et al.</i> (1995)
<i>Aethia pusilla</i>	0	13	Pacífico Norte	Robards <i>et al.</i> (1995)
<i>Aethia pygmaea</i>	0	22	Pacífico Norte	Robards <i>et al.</i> (1995)

Apêndice 3.2 – Lista de espécies utilizadas na análise da relação entre a amplitude da dieta e a ingestão de lixo.

Espécies	Ingestão de lixo (%)	N	Grupo	Referências para ingestão de lixo	Referências para a dieta
<b>Dieta ampla</b>					
<i>Diomedea melanophoris</i>	11	18	Ave marinha	Ryan (1987)	Ryan (1987)
<i>Diomedea chrysostoma</i>	1	170	Ave marinha	Ryan (1987)	Ryan (1987)
<i>Macronectes halli</i>	7	42	Ave marinha	Ryan (1987)	Ryan (1987)
<i>Macronectes giganteus</i>	7	123	Ave marinha	Ryan (1987)	Ryan (1987)
<i>Daption cupense</i>	83	18	Ave marinha	Ryan (1987)	Ryan (1987)
<i>Procellaria aequinoctialis</i>	57	201	Ave marinha	Ryan (1987)	Ryan (1987)
<i>Puffinus gravis</i>	90	50	Ave marinha	Ryan (1987)	Ryan (1987)
<i>Larus dominicanus</i>	13	52	Ave marinha	Ryan (1987)	Ryan (1987)
<i>Cathorops spixii</i>	18	60	Peixe	Possatto <i>et al.</i> (2011)	Dantas <i>et al.</i> (2013)
<i>Cathorops agassizii</i>	33	60	Peixe	Possatto <i>et al.</i> (2011)	Dantas <i>et al.</i> (2013)
<i>Sciades herzbergii</i>	18	62	Peixe	Possatto <i>et al.</i> (2011)	Giarrizzo & Saint-Paul (2008)
<b>Dieta restrita</b>					
<i>Diomedea exulans</i>	4	156	Ave marinha	Ryan (1987)	Ryan (1987)
<i>Diomedea chlororhynchos</i>	2	87	Ave marinha	Ryan (1987)	Ryan (1987)
<i>Phoebetria fusca</i>	1	73	Ave marinha	Ryan (1987)	Ryan (1987)
<i>Fulamrus glacialoides</i>	11	27	Ave marinha	Ryan (1987)	Ryan (1987)
<i>Pagodroma nivea</i>	5	22	Ave marinha	Ryan (1987)	Ryan (1987)
<i>Thalassoica antarctica</i>	7	30	Ave marinha	Ryan (1987)	Ryan (1987)
<i>Pachyptila vittata</i>	30	137	Ave marinha	Ryan (1987)	Ryan (1987)
<i>Pachyptila salvini</i>	52	31	Ave marinha	Ryan (1987)	Ryan (1987)
<i>Pachyptila desolata</i>	59	88	Ave marinha	Ryan (1987)	Ryan (1987)
<i>Pachyptila belcheri</i>	69	32	Ave marinha	Ryan (1987)	Ryan (1987)
<i>Halobaena caerulea</i>	92	74	Ave marinha	Ryan (1987)	Ryan (1987)
<i>Pterodroma macroptera</i>	8	13	Ave marinha	Ryan (1987)	Ryan (1987)
<i>Pterodroma incerta</i>	10	20	Ave marinha	Ryan (1987)	Ryan (1987)
<i>Pterodroma brevirostris</i>	24	63	Ave marinha	Ryan (1987)	Ryan (1987)
<i>Pterodroma mollis</i>	21	29	Ave marinha	Ryan (1987)	Ryan (1987)
<i>Larus hartlaubii</i>	0	13	Ave marinha	Ryan (1987)	Ryan (1987)
<i>Steliffer stellifer</i>	9	239	Peixe	Dantas <i>et al.</i> (2012)	Barletta & Blaber (2007)
<i>Steliffer brasiliensis</i>	7	330	Peixe	Dantas <i>et al.</i> (2012)	Barletta & Blaber (2007)
<i>Eugerres brasilianus</i>	16	240	Peixe	Ramos <i>et al.</i> (2012)	Menezes & Figueireredo (1980)
<i>Eucinostomus melanopterus</i>	9	141	Peixe	Ramos <i>et al.</i> (2012)	Menezes & Figueireredo (1980)
<i>Diapterus rhombeus</i>	11	44	Peixe	Ramos <i>et al.</i> (2012)	Menezes & Figueireredo (1980)

Apêndice 3.3 – Lista das espécies para as quais foi registrada a ingestão de lixo.

<b>Tartarugas marinhas</b>	
<b>Espécies</b>	<b>Referências</b>
1 <i>Caretta caretta</i>	Laist (1997)
2 <i>Chelonia mydas</i>	Laist (1997)
3 <i>Dermochelys coriacea</i>	Laist (1997)
4 <i>Eretmochelys imbricata</i>	Laist (1997)
5 <i>Lepidochelys kempii</i>	Laist (1997)
6 <i>Lepidochelys olivacea</i>	Laist (1997)

Apêndice 3.3 – Continuação.

Aves marinhas			
Espécies	Referências	Espécies	Referências
7 <i>Aethia cristatella</i>	Laist (1997)	42 <i>Gavia artica</i>	Hong <i>et al.</i> (2013)
8 <i>Aethia psittacula</i>	Laist (1997)	43 <i>Gavia pacifica</i>	Hong <i>et al.</i> (2013)
9 <i>Aethia pusilla</i>	Laist (1997)	44 <i>Gygis alba</i>	Laist (1997)
10 <i>Aethia pygmaea</i>	Bond <i>et al.</i> (2010)	45 <i>Halobaena caerules</i>	Laist (1997)
11 <i>Alle alle</i>	Laist (1997)	46 <i>Hydrobates pelagicus</i>	Laist (1997)
12 <i>Anous minutus</i>	Laist (1997)	47 <i>Ichthyaetus audouinii</i>	Codina-García <i>et al.</i> (2013)
13 <i>Anous stolidus</i>	Laist (1997)	48 <i>Ichthyaetus melanocephalus</i>	Codina-García <i>et al.</i> (2013)
14 <i>Ardena pacifica</i>	Verlis <i>et al.</i> (2013)	49 <i>Larus argentatus</i>	Laist (1997)
15 <i>Ardena tenuirostris</i>	Carey (2011)	50 <i>Larus atricilla</i>	Laist (1997)
16 <i>Bulweria bulwerii</i>	Laist (1997)	51 <i>Larus californicus</i>	Dierks (1990)
17 <i>Calonectris diomedea</i>	Laist (1997)	52 <i>Larus canus</i>	Laist (1997)
18 <i>Catharacta maccormicki</i>	Laist (1997)	53 <i>Larus crassirostris</i>	Hong <i>et al.</i> (2013)
19 <i>Catharacta skua hamiltoni</i>	Laist (1997)	54 <i>Larus dominicanus</i>	Laist (1997)
20 <i>Centrobranchus andreae</i>	Noord (2013)	55 <i>Larus glaucescens</i>	Laist (1997)
21 <i>Cephus columbia</i>	Laist (1997)	56 <i>Larus heermanii</i>	Laist (1997)
22 <i>Cerorhinca monocerata</i>	Laist (1997)	57 <i>Larus hyperboreus</i>	Laist (1997)
23 <i>Chionis minor</i>	Nel and Nel (1999)	58 <i>Larus marinus</i>	Laist (1997)
24 <i>Chlidonias niger</i>	Laist (1997)	59 <i>Larus michahellis</i>	Codina-García <i>et al.</i> (2013)
25 <i>Cygnus cygnus</i>	Hong <i>et al.</i> (2013)	60 <i>Larus occidentalis</i>	Laist (1997)
26 <i>Daption capense</i>	Laist (1997)	61 <i>Larus philadelphia</i>	Laist (1997)
27 <i>Diomedea chrysostoma</i>	Laist (1997)	62 <i>Larus schistisagus</i>	Hong <i>et al.</i> (2013)
28 <i>Diomedea epomophora</i>	Laist (1997)	63 <i>Limosa lapponica</i>	Laist (1997)
29 <i>Diomedea exulans</i>	Laist (1997)	64 <i>Macronectes giganteus</i>	Copello <i>et al.</i> (2008)
30 <i>Diomedea immutabilis</i>	Laist (1997)	65 <i>Morus bassanus</i>	Pierce <i>et al.</i> (2004)
31 <i>Diomedea melanophris</i>	Huin & Croxall (1996)	66 <i>Myctophum lychnobium</i>	Noord (2013)
32 <i>Diomedea nigripes</i>	Laist (1997)	67 <i>Oceanites oceanicus</i>	Laist (1997)
33 <i>Euclptula minor</i>	Laist (1997)	68 <i>Oceanodroma furcata</i>	Laist (1997)
34 <i>Fratercula artica</i>	Laist (1997)	69 <i>Oceanodroma leucorhoa</i>	Laist (1997)
35 <i>Fratercula cirrhata</i>	Laist (1997)	70 <i>Oceanodroma markhami</i>	Laist (1997)
36 <i>Fratercula corniculata</i>	Laist (1997)	71 <i>Oceanodroma tethys</i>	Laist (1997)
37 <i>Fregata minor</i>	Laist (1997)	72 <i>Oceanodroma tristrami</i>	Laist (1997)
38 <i>Fregatta grallaria</i>	Laist (1997)	73 <i>Pachyptila belcheri</i>	Laist (1997)
39 <i>Fulmarus glacialis</i>	Laist (1997)	74 <i>Pachyptila desolata</i>	Laist (1997)
40 <i>Fulmarus glacialoides</i>	Laist (1997)	75 <i>Pachyptila salvini</i>	Laist (1997)
41 <i>Garrodia nereis</i>	Laist (1997)	76 <i>Pachyptila turtur</i>	Laist (1997)

### Apêndice 3.3 – Continuação.

<b>Aves marinhas</b>			
<b>Espécies</b>	<b>Referências</b>	<b>Espécies</b>	<b>Referências</b>
77 <i>Pachyptila vittata</i>	Laist (1997)	112 <i>Puffinus auricularis</i>	Laist (1997)
78 <i>Pagodroma nivea</i>	Laist (1997)	113 <i>Puffinus bulleri</i>	Laist (1997)
79 <i>Pelagodroma marina</i>	Laist (1997)	114 <i>Puffinus carneipes</i>	Laist (1997)
80 <i>Pelecanoides urinatrix</i>	Laist (1997)	115 <i>Puffinus creatopus</i>	Laist (1997)
81 <i>Phaethon rubricauda</i>	Laist (1997)	116 <i>Puffinus gravis</i>	Laist (1997)
82 <i>Phalacrocorax pelagicus</i>	Laist (1997)	117 <i>Puffinus griseus</i>	Laist (1997)
83 <i>Phalaropus fulicaria</i>	Laist (1997)	118 <i>Puffinus lherminieri</i>	Laist (1997)
84 <i>Phalaropus lobatus</i>	Laist (1997)	119 <i>Puffinus mauretanicus</i>	Codina-García <i>et al.</i> (2013)
85 <i>Phoebastria immutabilis</i>	Gray <i>et al.</i> (2012)	120 <i>Puffinus nativitatis</i>	Laist (1997)
86 <i>Phoebastria irrorata</i>	Anderson <i>et al.</i> (2008)	121 <i>Puffinus pacificus</i>	Laist (1997)
87 <i>Phoebastria nigripes</i>	Gray <i>et al.</i> (2012)	122 <i>Puffinus puffinus</i>	Laist (1997)
88 <i>Procellaria aequinoctialis</i>	Laist (1997)	123 <i>Puffinus tenuirostris</i>	Laist (1997)
89 <i>Procellaria conspicillata</i>	Colabuono <i>et al.</i> (2009)	124 <i>Puffinus yelkouan</i>	Codina-García <i>et al.</i> (2013)
90 <i>Procellaria parkinsoni</i>	Laist (1997)	125 <i>Rissa brevirostris</i>	Laist (1997)
91 <i>Pterodroma breviceps</i>	Laist (1997)	126 <i>Rissa tridactyla</i>	Laist (1997)
92 <i>Pterodroma brevirostris</i>	Laist (1997)	127 <i>Spheniscus magellanicus</i>	Brandão <i>et al.</i> (2011)
93 <i>Pterodroma cervicalis</i>	Laist (1997)	128 <i>Stercorarius longicaudus</i>	Laist (1997)
94 <i>Pterodroma cookii</i>	Laist (1997)	129 <i>Stercorarius parasiticus</i>	Laist (1997)
95 <i>Pterodroma externa</i>	Laist (1997)	130 <i>Stercorarius pomarinus</i>	Laist (1997)
96 <i>Pterodroma hasitata</i>	Laist (1997)	131 <i>Stercorarius skua</i>	Laist (1997)
97 <i>Pterodroma hypoleuca</i>	Laist (1997)	132 <i>Sterna anaethelus</i>	Laist (1997)
98 <i>Pterodroma incerta</i>	Laist (1997)	133 <i>Sterna fuscata</i>	Laist (1997)
99 <i>Pterodroma inexpecta</i>	Laist (1997)	134 <i>Sterna hirundo</i>	Laist (1997)
100 <i>Pterodroma leucoptera</i>	Laist (1997)	135 <i>Sula bassana</i>	Laist (1997)
101 <i>Pterodroma longirostris</i>	Laist (1997)	136 <i>Sula dactylatra</i>	Laist (1997)
102 <i>Pterodroma macroptera</i>	Laist (1997)	137 <i>Sula neboxii</i>	Laist (1997)
103 <i>Pterodroma mollis</i>	Laist (1997)	138 <i>Sula sula</i>	Laist (1997)
104 <i>Pterodroma nigripennis</i>	Laist (1997)	139 <i>Symbolophorus evermanni</i>	Noord (2013)
105 <i>Pterodroma phaeopygia</i>	Laist (1997)	140 <i>Thalassarche chlororhynchos</i>	Barbieri (2009)
106 <i>Pterodroma pycrofti</i>	Laist (1997)	141 <i>Thalassarche melanophrys</i>	Barbieri (2009)
107 <i>Pterodroma rostrata</i>	Laist (1997)	142 <i>Thalassoica antarctica</i>	Laist (1997)
108 <i>Pterodroma solandri</i>	Laist (1997)	143 <i>Uria aalge</i>	Laist (1997)
109 <i>Pterodroma ultima</i>	Laist (1997)	144 <i>Uria lomvia</i>	Laist (1997)
110 <i>Ptychoraphus aleuticus</i>	Laist (1997)	145 <i>Zema sabini</i>	Laist (1997)
111 <i>Puffinus assimilis</i>	Laist (1997)		

Apêndice 3.3 – Continuação.

<b>Mamíferos marinhos</b>		
<b>Espécies</b>		<b>Referências</b>
146	<i>Balaena mysticetus</i>	Laist (1997)
147	<i>Balaenoptera acutorostrata</i>	Laist (1997)
148	<i>Balaenoptera edeni</i>	Simmonds (2012)
149	<i>Balaenoptera physalus</i>	Williams <i>et al.</i> (2011)
150	<i>Berardius bairdii</i>	Laist (1997)
151	<i>Delphinus delphis</i>	Laist (1997)
152	<i>Enhydra lutris</i>	Williams <i>et al.</i> (2011)
153	<i>Eumatopias jubatus</i>	Laist (1997)
154	<i>Globicephala macrorhynchus</i>	Laist (1997)
155	<i>Globicephala melaena</i>	Laist (1997)
156	<i>Grampus griseus</i>	Laist (1997)
157	<i>Hyperoodon ampullatus</i>	Simmonds (2012)
158	<i>Kogia breviceps</i>	Laist (1997)
159	<i>Kogia sima</i>	Laist (1997)
160	<i>Lagenodelphis hosei</i>	Simmonds (2012)
161	<i>Lagenorhynchus obliquidens</i>	Laist (1997)
162	<i>Lissodelphis borealis</i>	Laist (1997)
163	<i>Megaptera novaeangliae</i>	Williams <i>et al.</i> (2011)
164	<i>Mesoplodon bidens</i>	Simmonds (2012)
165	<i>Mesoplodon densirostris</i>	Laist (1997)
166	<i>Mesoplodon europaeus</i>	Laist (1997)
167	<i>Mirounga angustirostris</i>	Laist (1997)
168	<i>Orcinus orca</i>	Williams <i>et al.</i> (2011)
169	<i>Peponocephala electra</i>	Costa <i>et al.</i> (2012)
170	<i>Phoca vitulina</i>	Rebolledo <i>et al.</i> (2013)
171	<i>Phocoena phocoena</i>	Laist (1997)
172	<i>Phocoenoides dalli</i>	Laist (1997)
173	<i>Physeter macrocephalus</i>	Laist (1997)
174	<i>Pontoporia blainvillei</i>	Laist (1997)
175	<i>Pseudorca crassidens</i>	Laist (1997)
176	<i>Sotalia fluviatilis</i>	Laist (1997)
177	<i>Stenella coeruleoalba</i>	Laist (1997)
178	<i>Steno bredanensis</i>	Laist (1997)
179	<i>Trichechus manatus</i>	Laist (1997)
180	<i>Tursiops truncatus</i>	Laist (1997)
181	<i>Ziphius cavirostris</i>	Laist (1997)

### Apêndice 3.3 – Continuação.

Peixes			
Espécies	Referências	Espécies	Referências
182 <i>Acanthocybium solanderi</i>	Laist (1997)	219 <i>Liparis liparis</i>	Laist (1997)
183 <i>Alepisaurus ferox</i>	Laist (1997)	220 <i>Loweina interrupta</i>	Boerger <i>et al.</i> (2010)
184 <i>Aspitrigla cuculus</i>	Lusher <i>et al.</i> (2013)	221 <i>Melanogrammus aeglefinus</i>	Foekema <i>et al.</i> (2013)
185 <i>Astronesthes indopacifica</i>	Boerger <i>et al.</i> (2010)	222 <i>Menidia manidia</i>	Laist (1997)
186 <i>Brama japonica</i>	Laist (1997)	223 <i>Merlangius merlangus</i>	Foekema <i>et al.</i> (2013)
187 <i>Brevoortia patronus</i>	Laist (1997)	224 <i>Microchirus variegates</i>	Lusher <i>et al.</i> (2013)
188 <i>Buglossisium luteum</i>	Lusher <i>et al.</i> (2013)	225 <i>Micromesistius poutassou</i>	Laist (1997)
189 <i>Carcharhinus brachyurus</i>	Cliff <i>et al.</i> (2002)	226 <i>Micropogonias undulatus</i>	Laist (1997)
190 <i>Carcharhinus carcharias</i>	Laist (1997)	227 <i>Morone saxatilis</i>	Laist (1997)
191 <i>Carcharhinus leucas</i>	Cliff <i>et al.</i> (2002)	228 <i>Myctophum aurolanternatum</i>	Boerger <i>et al.</i> (2010)
192 <i>Carcharhinus limbatus</i>	Laist (1997)	229 <i>Myoxocephalus aenus</i>	Laist (1997)
193 <i>Carcharhinus obscurus</i>	Laist (1997)	230 <i>Oncorynchus gorboscha</i>	Laist (1997)
194 <i>Carcharias taurus</i>	Laist (1997)	231 <i>Pagellus bogaraveo</i>	Anastasopoulou <i>et al.</i> (2013)
195 <i>Carcharodon carcharias</i>	Cliff <i>et al.</i> (2002)	232 <i>Platichthyes flesus</i>	Laist (1997)
196 <i>Cathorops agassizii</i>	Possatto <i>et al.</i> (2013)	233 <i>Pleuronectes americanus</i>	Laist (1997)
197 <i>Cathorops spixii</i>	Possatto <i>et al.</i> (2013)	234 <i>Pollachius virens</i>	Laist (1997)
198 <i>Cepola macrophthalmma</i>	Lusher <i>et al.</i> (2013)	235 <i>Prionotus evolans</i>	Laist (1997)
199 <i>Ciliata mustela</i>	Laist (1997)	236 <i>Pteroplatytrygon violacea</i>	Anastasopoulou <i>et al.</i> (2013)
200 <i>Clupea harengus</i>	Laist (1997)	237 <i>Rhizoprionodon lalandii</i>	Miranda & Carvalho-Souza (2011)
201 <i>Cololabis saira</i>	Boerger <i>et al.</i> (2010)	238 <i>Roccus americanus</i>	Laist (1997)
202 <i>Coryphaena hippurus</i>	Laist (1997)	239 <i>Sciades herzbergii</i>	Possatto <i>et al.</i> (2013)
203 <i>Diapterus rhombeus</i>	Ramos <i>et al.</i> (2012)	240 <i>Scomberomorus cavalla</i>	Miranda & Carvalho-Souza (2011)
204 <i>Dragonet Callionymus</i>	Lusher <i>et al.</i> (2013)	241 <i>Sphyrna lewini</i>	Laist (1997)
205 <i>Etmopterus spinax</i>	Anastasopoulou <i>et al.</i> (2013)	242 <i>Sphyrna zygaena</i>	Laist (1997)
206 <i>Eucinostomus melanopterus</i>	Ramos <i>et al.</i> (2012)	243 <i>Squalus blainville</i>	Anastasopoulou <i>et al.</i> (2013)
207 <i>Eugerres brasilianus</i>	Ramos <i>et al.</i> (2012)	244 <i>Stellifer brasiliensis</i>	Dantas <i>et al.</i> (2012)
208 <i>Euthynnus alletteratus</i>	Laist (1997)	245 <i>Stellifer stellifer</i>	Dantas <i>et al.</i> (2012)
209 <i>Gadus morhua</i>	Laist (1997)	246 <i>Symbolophorus californiensis</i>	Boerger <i>et al.</i> (2010)
210 <i>Galeocерdo cuvier</i>	Laist (1997)	247 <i>Tautogolabrus adspersus</i>	Laist (1997)
211 <i>Galeus melastomus</i>	Anastasopoulou <i>et al.</i> (2013)	248 <i>Thunnus albacares</i>	Laist (1997)
212 <i>Gempylus serpens</i>	Choy & Drazen (2013)	249 <i>Thunnus atlanticus</i>	Laist (1997)
213 <i>Gobius minutus</i>	Laist (1997)	250 <i>Thunnus obesus</i>	Choy & Drazen (2013)
214 <i>Hygophum reinhardtii</i>	Boerger <i>et al.</i> (2010)	251 <i>Trachurus trachurus</i>	Foekema <i>et al.</i> (2013)
215 <i>Isurus oxyrinchus</i>	Laist (1997)	252 <i>Trisopterus minutus</i>	Lusher <i>et al.</i> (2013)
216 <i>Lampris immaculatus</i>	Jackson <i>et al.</i> (2000)	253 <i>Xiphias gladius</i>	Choy & Drazen (2013)
217 <i>Lampris</i> sp. (big-eye)	Choy & Drazen (2013)	254 <i>Zeus faber</i>	Lusher <i>et al.</i> (2013)
218 <i>Lampris</i> sp. (small-eye)	Choy & Drazen (2013)		

Apêndice 3.3 – Continuação.

<b>Crustáceos</b>	
<b>Espécies</b>	<b>Referências</b>
255 <i>Lepas anatifera</i>	Goldstein & Goodwin (2013)
256 <i>Lepas pacifica</i>	Goldstein & Goodwin (2013)
257 <i>Nephrops norvegicus</i>	Murray & Cowie (2011)
<b>Lulas</b>	
<b>Species</b>	
258 <i>Ommastrephes bartrami</i>	Laist (1997)

## 4 CONCLUSÃO

Este trabalho contribui para o melhor entendimento da ecologia alimentar da tartaruga verde e dos fatores envolvidos na ingestão de lixo. Os resultados aqui apresentados também tem uma utilidade direta para o manejo e conservação da tartaruga verde, pois ajudam a prever quais as principais ameaças esperadas nos diferentes tipos de áreas de alimentação. Esta tese ressalta a gravidade da ameaça imposta pela ingestão de lixo à fauna marinha, mostrando a importância do combate à contaminação dos oceanos por resíduos antropogênicos, o que exigirá um esforço de toda a sociedade. Seguem abaixo as principais conclusões:

- A tartaruga verde, apesar de seu reconhecido hábito herbívoro, possui uma grande plasticidade alimentar. Esta plasticidade se deve provavelmente a redução da eficiência de digestão em águas mais frias e a diferenças na disponibilidade de itens alimentares em decorrência de variações regionais e locais.
- As diferenças na ecologia alimentar também levam a diferenças na exposição a ameaças. A principal implicação para a conservação desta plasticidade alimentar está relacionada ao risco de ingestão de lixo, pois a estratégia de forrageamento pelágica e hábito alimentar implicam em diferenças nas taxas de encontro com o lixo.
- O problema da ingestão de lixo está amplamente distribuído, e uma pequena quantidade de lixo é suficiente para causar a morte de um indivíduo. O verdadeiro impacto causado pela ingestão de lixo está sendo mascarado pela elevada mortalidade relacionada às atividades pesqueiras.
- O uso indiscriminado do plástico em produtos descartáveis ou de vida curta, principalmente sacolas plásticas e itens relacionados à alimentação, é a principal fonte causadora do problema da ingestão de lixo pela tartaruga verde.
- A ingestão de lixo é resultado de uma armadilha evolutiva mais ampla do que previamente sugerida na literatura (confusão do lixo com um item alimentar específico). Onde o rápido aumento da densidade de lixo no ambiente é o principal fator responsável pela ingestão de lixo, independentemente da dieta do animal.
- O risco de ingestão de lixo a que os animais estão sujeitos depende da disponibilidade dos resíduos no ambiente e a ecologia alimentar das espécies. De maneira que quanto mais próximo da superfície o animal forragear e quanto mais ampla for a sua dieta, maior será o risco de ingestão de lixo.